

リストなし

情報処理技術の将来

(5年～7年後の予測)

中間報告書

昭和44年1月

財団法人

日本情報処理開発センター

技術予測小委員会



技 術 予 測 小 委 員 会

(敬 省 略 ・ 順 不 同)

委 員 長	野 田 克 彦	電 気 試 験 所
委 員	石 井 治	電 気 試 験 所
	伊 藤 栄 一	第 一 生 命 保 険 相 互
	大 石 綿 吾	東 京 E D P 計 算
	石 井 康 雄	日 本 ソ フ ト ウ ェ ア
	松 尾 士 郎	日 本 電 信 電 話 公 社
	山 内 確 郎	国 際 電 信 電 話
	西 岡 英 也	富 士 通
	谷 恭 彦	日 立 製 作 所
	石 井 善 昭	日 本 電 気
	若 曾 根 和 之	通 商 産 業 省
	松 井 宏	日 本 情 報 処 理 開 発 セ ン タ ー



目 次

1	アーキテクチャとシステム構成	1
1・1	アーキテクチャ	1
1・1・1	使 い 易 さ	1
1・1・2	ハイパーフォーマンス	6
1・1・3	診断機能と保守の容易性	7
1・2	システム構成	8
1・2・1	稼 動 性 (Availability)	8
1・2・2	ファイルオリエンテッドシステム	9
1・2・3	タイムシェアリングシステムとコンピュータユーティリティ	10
1・3	今後 10 年以降の動向	13
2	ハードウェア	15
2・1	演算・制御部	15
2・1・1	集積回路技術の進歩と実装法の変化	15
2・1・2	L S I の 影 響	18
2・2	記 憶 部	22
2・2・1	記 憶 の 階 層	22
2・2・2	内部記憶装置	23
2・2・3	ファイル記憶装置	26
2・2・4	将 来 の 展 望	29
2・3	入 出 力 装 置	30
2・3・1	展 望	30
2・3・2	入 力 装 置	31
2・3・2・1	さん孔媒体入力装置	32
2・3・2・2	直接入力装置	33

2・3・2・3	直覚型入力装置	35
2・3・2・4	その他の入力装置	37
2・3・3	出力装置	37
2・3・3・1	印字型出力装置	38
2・3・3・2	さん孔型出力装置	39
2・3・3・3	直覚型出力装置	39
2・3・4	端末装置	41
2・3・4・1	印字型端末装置	42
2・3・4・2	直覚型端末装置	43
2・3・4・3	直接入力型端末装置	43
2・3・4・4	その他の端末装置	44
3	ソフトウェア技術	45
3・1	ソフトウェアの動向	45
3・2	第4世代ソフトウェアの概要	49
3・2・1	ユーザーが期待するソフトウェア	50
3・2・2	第4世代ソフトウェアの傾向と問題	54
3・2・2・1	汎用言語	54
3・2・2・2	会話型汎用言語	54
3・2・2・3	特殊言語	55
3・2・2・4	特殊ハードウェアむきの言語	55
3・2・2・5	管理プログラム(一般)	57
3・2・2・6	管理プログラム(通信)	59
3・2・2・7	応用ソフトウェア	61
3・2・3	ソフトウェア開発技術	62
3・2・3・1	作業用言語	62
3・2・3・2	ソフトウェアのハード化	62

3・2・3・3	デバッグの手法	63
3・2・3・4	コンパイラコンパイラなど	64
3・2・4	ソフトウェア製作者	64
3・2・5	ソフトウェア標準化	66
3・2・5・1	標準化の動向	66
3・2・5・2	ある第4世代計算機の標準化の試み	67
3・2・6	若干の重要分野についての予測	69
3・3	ソフトウェアの価格と生産性	72
3・3・1	価格についての概説	72
3・3・2	ソフトウェアの開発費の流動性	73
3・3・3	見積りの仕方の現状	74
3・3・4	別な見積りの手法	76
3・3・5	ソフトウェアの生産性	77
3・3・6	ハードウェア生産方式との対比	80
3・3・7	プログラマの管理の重要性	82
3・3・8	管理情報の報告システム	83
3・3・9	5～7年後の管理システム	84
3・3・10	5～7年後のソフトウェア価格	85
3・4	より将来の展望	86
4	データ伝送	89
4・1	将来必要とされるデータ伝送速度	89
4・2	高速度データ伝送技術	91
4・2・1	音声帯域回線における高速度データ伝送技術	91
4・2・2	広帯域回線における高速度データ伝送技術	93
4・3	データ伝送技術に関する海外の動向	95
4・3・1	CCITTの動向	95

4・3・1・1	概 要	95
4・3・1・2	200 ビット/秒までの電信形回線交換網	98
4・3・1・3	1,200 ビット/秒を超える高速度データ伝送および 広帯域伝送	98
4・3・1・4	再 伝 送 方 式 (蓄 積 交 換)	99
4・3・1・5	統合通信網方式	100
4・3・2	米国などにおける高速度データ伝送技術	100
4・3・2・1	広帯域回線でのデータ伝送	100
4・3・2・2	米国における状況	102
4・3・2・3	欧州における状況	106
4・3・3	国際間での問題の要約	106

第 1 章

アーキテクチャとシステム構成

1875

1875

1. アーキテクチャとシステム構成

1.1 アーキテクチャ

計算機のアーキテクチャに対する考え方、思想はめざましく、進歩、発展しているが、今後5～7年後のアーキテクチャを考察した場合、まず第1に非常に使い易い計算機の出現が考えられる。

計算機の使用は急激に増大しており、使用法も複雑化していて、システム技術者の要求が急速に増大するものと考えられるが、将来、この急激な計算機の使用の拡大に応じて計算機の専門家を確保することは困難であるとみられる。更に、専門家でない人が計算機を使用する (Computer Utility) という方向が指向されており、これからみて将来は使い易いと云うことが重要なポイントとなるであろう。

第2に、極めて高いパフォーマンスが実現されるであろう。

これは、LSIなどの使用による高速回路の実現、管理プログラムのオーバーヘッドロスの減少、Illiac IVなどに見られる複数ケの演算制御回路を持つ計算機 (並列演算方式) など、幾多のパフォーマンス向上の方向が見られている。更に、後述する如く、高レベルのプログラム言語の普及によって高レベル言語プログラムの処理速度の向上がはかれるであろう。

第3に、診断機能の発展、保守性の向上があり、更に特にタイムシェアリングシステムに於て、情報の機密の保持と安全性に考慮が払われるものと思われる。

以下、将来のアーキテクチャとして考えられる上記の点について考察してみる。

1.1.1 使い易さ

高レベル言語オリエンテッド

計算機が開発された当初は、主として、機械語によるプログラミングがなされ、次に、アセンブラ言語が多く使用され、更に、高レベル言語としてのFORTRAN, COBOL, 或いは、PL/1が使用される様になった。

特に、最近では、FORTRAN, COBOLが多く使用される様になって来ていて、1968年には、米国では使用プログラムの42%が、高レベル言語で書かれているというデータがある。

(COBOL; 29%, FORTRAN; 12%, PL/1; 1% ... EDP Industry Report, June, 14, 1968)

前にも述べた如く、将来、計算機需要の増大と用途の複雑化、更に、TSSの普及によって、計算機の専門家が不足し、専門家でない人々が計算機を使用する様になると考えられるので、今後ますますこの傾向が、助長されるであろう。

しかし、現在は、例えば、計算機の演算速度を表現するにしても、機械語の命令の実行時間で表現されており、これは必ずしも、高レベル言語で書かれたプログラムの実行時間とは比例していないことがあり、この場合、機械語の命令実行時間は、実質的な動作速度の測度とはならない。

又、オブジェクトプログラムの実行は高速でも、コンパイルーションは、必ずしも、高速でない場合もある。

第1-1表、第1-2表は、これを実例で示したものである。

従来、とかくオブジェクトプログラムの実行時間が問題にされているが、同時に、コンパイルーションの時間も重視されなければならない。

将来の計算機のアーキテクチャは、高レベル言語で書かれたプログラムのコンパイルーションと実行の両方が高速に行なわれる様に考慮されたものとなるであろう。

第1-1表^{*} コンパイルーション時間

システム プログラム	A	B	C	D
W	2.53	2.47	1.27	1.00
X	3.19	2.67	1.00	1.30
Y	2.57	2.29	1.11	1.00
Z	3.19	2.79	1.00	1.03

第1-2表^{*} 実行時間

システム プログラム	A	B	C	D
W	1.00	1.10	2.10	2.57
X	1.36	1.00	2.09	2.00
Y	1.00	1.32	2.76	1.35
Z	1.12	1.00	2.12	4.05

* 第1-1表、第1-2表の時間は各システムに用意されたそれぞれのソフトウェアを使用したものであり、時間の絶対値で示したのではなく、比率で示したものである。
(Computer & Automation, January, 1966 より)

人間と機械の通信の緊密化

人間と機械との通信がより緊密に行なわれる様に考慮されるであろう。

すなわち、使い易さと云う観点にたつと、人間と計算機との間の情報の交換は、人間が通常社会生活に於て接している形式での情報を、計算機がそのまま認識できること、及び情報の交換が必要に応じて円滑に行なわれることが重要である。

その為に、特に重要とみられるものに、OCR, CRT (漢字を含む)ディスプレイ、音声

応答装置、漢字プリンタなどがあり、更にオンラインシステムに於けるデータ端末装置がある。

O O Rは、制限が小さく、融通性に富む手書き文字の認識が可能となり、一般に使用される様になろう。

これは、現在の、通常のデータ入力手段である紙テープ、紙カードによる情報の入力手段におきかえられる性格をもつものであり、データ端末装置からのキーボード入力と共に最も一般的な入力手段となることが期待される。

グラフィックディスプレイは、現在、まだ価格も高く、アプリケーションの開発も進んでいないが、図形処理は、人間—機械の相互通信を緊密にする上で非常に有効な手段であり、大きく発展しよう。

キャラクタディスプレイは、現在すでに計算機システムの端末装置としてかなり広く使用されているが、今後もその需要が増大しよう。

これらのC R Tディスプレイ(グラフィック及び、キャラクタ)は、T S Sの普及、M I Sなど高度のアプリケーションの発展に伴って、ソフトコピーの重要性が増大することもあり、その用途が急激にひろがるものとみられる。

又、音声応答装置は、オンライン処理に於ける簡単な問合せシステムの代表的な出力手段として使用されている。

技術的にも現在、通常使われている音節録音(Compiled Speech)方式から音声合成(Terminal Analog)方式に移って、融通性が増大することと相まって、特に、タイムシェアリングシステムに於て、押印電話機と組合せて、最も普通の出力となるであろう。

漢字の取扱いは、アプリケーションによって必要文字数、文字の品質、文字の大きさなどの条件が異なり、現在は技術的及びコスト的にまだ必ずしも確立されないが、将来、漢字プリンタ、漢字ディスプレイ装置は重要な装置として発表しよう。

業種別に多様化した端末機器

オンラインシステムは、急速にひろがりつつあり、1975年以降に於ては、我が国に於ても50%以上が、オンラインシステムであるとみられるが、データ端末装置としては、各インダストリごとに、特有なものが要求され、実現される可能性が大きい。

現在のオンラインシステム設計に於ける問題点の1つは、端末装置が不十分な点にある。

又、システムを有効なものとする為には、適用業務に最も適合した安価なものでなければならない。

その意味において、データ端末装置は多様化の方向をとると考えられるが、それらは、コスト

の低減化と使用の標準化のため、インダストリオリエンテッドに、統合されるものとみられる。

現在使用されている端末装置のうち、例えば、銀行の普通預金業務用の窓口装置（テラズマシン）、生産工程管理の為のデータ収集装置、オンラインの金銭登録機、などは、その傾向を示すものの1つであろう。

工業標準への適合性

第4に、互換性に富み、工業標準に適合した計算機が考えられる。

現在の計算機ユーザにとって、各計算機メーカから出される計算機が異った思想、異ったソフトウェアシステムをもつことは、システムの拡張、置き換え、及び、併置、データ、プログラムの交換などの面に於いて、融通性が無くなり、不都合なことであろう。

これに対して計算機メーカは、それぞれファミリとして、計算機の階層を考え、これら相互間の互換性を保たせる傾向にあり、この様なワンマシンの考え方は、将来に於て、一層確立されたものとなると考えられる。

この互換性については、システムのインテグレーションが進めば進む程、ユーザは、多種多様の計算機を統合化する必要があり、各計算機メーカの製品相互間に少くともデータの互換性が要求されてくる。

ここに、工業標準化の必要性が生じて来る。中でも特に重要な意味をもつものに、

- ・ 記録媒体（紙カード、紙テープ、磁気テープ、ディスクパック、O C R関係媒体）
- ・ 入出力インターフェイス
（デバイスレベルと入出力チャンネルレベル）
- ・ プログラミング言語
（FORTRAN, COBOL, PL/1）
- ・ コードと媒体の記録の方法

があり、将来の計算機は、これらの標準を満足する形で実現されよう。

しかし、工業標準は一面に於て、技術の進歩を阻害するものであってはならず、そこに柔軟性が必要であり、また、時期を選ぶことが必要である。

ハードウェアとソフトウェアの機能分担の改善

第3世代の計算機は、ソフト面におけるオペレーティングシステムの概念の確立が大きな特色の一つであり、管理プログラムの持つべき機能は計算機システムの有効且つ効率の良い使用を行なうのに必要不可欠のものである。

しかし、これはすべて、ソフトウェアベースで実施されていて、これにより、内部記憶を非

常に大きく占有すること、及びオペレーティングシステムが高度化すればする程オーバーヘッドロスが大きくなり、中央処理装置の時間を実際のジョブプログラムが使用出来る比率が小さくなってしまふという問題をもっている。

従って、オーバーヘッドロスを減少させるために、これらの機能をハードウェア化することが考えられており、これをマイクロプログラミング技術を利用して実施させようと云う考え方がある。これをファームウェア (firmware) と称している。

マイクロプログラミング技術は、現在すでに機械語のレベルの命令実行及びその制御手段として採用されており、これにより、任意の命令セットを容易に拡張、追加可能としているが、更にこれをファームウェアに発展させることにより、計算機の中央処理装置は異ったオペレーティングシステムのレベル、異った動作モードをモジュールの組合せにより実現させることができる。

これにより、メーカは、自社及び他社の計算機のプログラムを将来の計算機で実行できるハードウェアを供給できるようになると考えられる。

将来の計算機は、ファームウェアの技術が特色の一つとなるであろうし、論理素子、記憶素子の高速化、低廉化、小型化の動向と相まって、現在のソフトウェアのかんりの部分がファームウェア、ハードウェア化されることとなるであろう。

オペレーティングシステムの高度化に伴って、オペレータは異常状態以外干渉の必要はなくなり、ハードウェア面でもオペレータの介入をできるだけ減らす考慮が払われるであろう。

例えば、磁気テープの自動装填などは、一般に用いられることとなるであろう。

オペレーティングシステムは、種々の言語で書かれたプログラムセグメントを結びつけ、最適の方法で、その解を与えてくれよう。

これは将来の計算機にとって、標準のものとなっていると考えられる。

モジュラリティ

第3世代の計算機では、いわゆる“ワンマシンコンセプト”が採用されて、任意の処理装置に、同一の周辺装置、周辺制御装置が接続される様になっており、又、同一のソフトウェアが使用出来る様になっていて、ユーザの広範囲のアプリケーションに応じられるように考慮されている。

この考え方は更に進められてユーザの目的に出来る丈ピッタリしたシステム構成がとられるようハードウェア、ソフトウェアのモジュラリティが取入れられて行くことが考えられる。

この場合は、ハードウェア、ソフトウェアともに機能に着目したモジュールで、構成され、

これらのモジュールがシステム設計、システムジェネレーションの段階でユーザの目的に応じて組合され、出来る丈、その要求に適合したハードウェア、ソフトウェアがつくられる。

この様に高度のモジュラリティが取入れられることにより、ユーザには、経済的に有効なハードウェア、ソフトウェアが提供され、メーカーは生産性を高めることが出来るであろう。

1・1・2 ハイパーフォーマンス

計算機のハードウェアの高速は主として素子の進歩により急速に高速化し、第一、第二及び第三世代と発展する過程において、それぞれ4～8倍のパフォーマンスコストの向上が見られた。

1975年における計算機は素子の進歩によって矢張り数倍のハイパーフォーマンスが実現されるであろう。

この中央処理装置のハイパーフォーマンスをシステムとして活用するために、入出力装置とのバランスを考えて、多重プログラミングが更に一般的に用いられることとなる。

この場合、今日の多重プログラミング制御方式では、管理プログラムの動作する、謂ゆるオーバーヘッドロスが大きく、特にTSSにおいては90%以上の時間が、オーバーヘッドロスとして費されているのが現状である。

従って、このオーバーヘッドロスの減少がシステムとしてのハイパーフォーマンスの実現にとって重要な要素であり、これを解決する一方法としては、前にも述べた如く、フォームウェア技術を利用して、オペレーティングシステムの一部分をハードウェア化する(ハードウェア・ソフトウェアの機能分担の改善)ことにより実現される。

更に連想記憶(associative memory)(注1)の技術が中～大型計算機のパフォーマンスを増大させる手段として使用される可能性がある。

連想記憶の用途としては

- ・コンパイルリング
- ・ジョブアサインメント
- ・併行処理
- ・リーチオペレーション
- ・優先割込処理
- ・入出力コマンドの識別
- ・情報の蓄積と検索

などが考えられる。

次に将来の計算機はより通信制御能力の大きなものとして実現されるだろう。

これは入出力チャンネルの制御方式と関連をもつが、入出力チャンネルは現在よりも複雑な判断、制御機能をハードウェア機能としてもつことにより、プログラムによる制御は減少すると考えられる。

又、入出力チャンネルレベルでの標準化とデバイスレベルでの標準化とが相まって、他のメーカーの入出力装置が接続され得るようになる方向に向うものと考えられる。

一方、パフォーマンスの高いシステムを実現する手段の一つとして多重プロセッサ方式がある。

この場合、ハードウェア及びソフトウェアの両面において、システム全体の効率を最も高くするための最適設計が問題であり、将来はこれに対する解が得られるものと考えられる。

1・1・3 診断機能と保守の容易性

システムを構成するユニットの数が多くなり、システムが大規模化、複雑化する程、構成ユニットの一つが故障することによってシステム全体の受ける影響は大きくなり、またその故障回復時間を短縮することがシステムの高い稼働性、或いは高い信頼性を確保するのに重要となる。

従って、容易に保守を行なうことができ、できるだけ短い時間に故障を修復できるようにハードウェア、ソフトウェア的に診断機能を持たせること、及び、ユニットの故障がシステム障害にならない様にシステム設計において考慮が払われる。

現在システムを構成するユニットが故障した場合、保守者は次の作業を行なっている。

- (1) 異常動作の確認
- (2) 故障装置の確認及びシステムからの切離し
- (3) 故障個所の発見
- (4) 故障個所の修理
- (5) 機能回復の確認

このうち、(1)(2)(3)の作業に大部分の時間が費されているのが現状である。

従って、故障時間の短縮には故障個所の発見と切離しを短時間に実施させることが重要である。

この為、将来の計算機は異常動作の確認を行なうための診断ルーチンの他に故障個所を検出する為の機能を持ったものとなろう。

診断ルーチンは正規のオペレーション中に同期的に或は外部からの指示により、構成ユニッ

トの診断を実施する方式が広くとられるものと思われる。

多重プロセッサシステムにおいては、プロセッサ同志での診断が可能となり、自己診断により診断能力は更に高められよう。

1975年における計算機は故障個所の発見のために、ハードウェア、ソフトウェアの技術がフルに使用される様になり、FLT (Fault Location Technique) の考え方は広く応用されているものと考えられる。

診断プログラムとFLTは保守者の保守作業への介入を少くすると共に、故障回復時間を短縮する手段として活用されよう。

他方、計算機システムの故障率が減少し、MTBF (Mean Time Between Failure) の延長がはかられるであろう。

すなわち、ICの高集積度化が進むことにより論理素子寿命が延び又機械部の電子化などの方策によって、システムのMTBFの延長が達成されるであろう。

更に、将来、計算機システムのネットワークが組まれるとみられ、この場合においては或るシステムの障害に対して他のシステムがこれをバックアップする事により、全体の機能を停止させない様なフェイルソフトシステムの考え方が広く適用されると考えられる。

1.2 システム構成

1.2.1 稼働性 (Availability)

システム構成は、計算機のアプリケーションの発展に伴って急激にオンライン化の方向に進んでいる。

これは計算機がライン業務と直結し、企業、組織体、或は個人の生活に深く入り込むことであり、計算機のシステムの障害がこれらに大きな被害を与える可能性を持っている。

従って、計算機システムの稼働性がますます重要になってきて、100%アップタイムの要請は大きくなって来るであろう。

これはMIS (経営情報システム)、タイムシェアリングサービス、更に将来のチェックレス或はキャッシュレスソサィエティの実現にとって重要な要素である。

アベイラビリティを高めるためには電子計算機システムの各ユニットのMTBFを大にし、MTTRを小さくすることが重要であるが、同時にシステムとしてこれを改善するために、現在とられている考え方は二重化システム、待機システム、衛星計算機システムなどがあり、待機システムは経済性の高いシステムとして将来も広く適用されよう。

しかし、将来は多重プロセッサ方式の普及によって、これによるフェイルソフトシステム構成がとられるようになるであろう。

一般に、フェイルソフトシステムはシステムに一部障害が生じた場合、システムのもつ100%の業務処理は出来なくても、或る程度効率を落したかたちで業務を遂行させ、謂ゆるシステムダウンに至らない様にしようとするものであるが、負荷分割を行なわせる多重プロセッサ方式をとることにより、これが有効に実現される。

これらのシステムを運用する場合の問題点は、ソフトウェアが複雑化することであるが、これはソフトウェアの一部をハードウェアにする或はソフトウェアが容易になるハードウェア機能を附加することなどで解決されるであろう。

更に前にも述べた如く、計算機システムのネットワーク全体として稼働性を高める方策がとられるであろう。

すなわち、或る計算機システムがダウンした場合、ネットワークに構成されている他の計算機システムがそれをバックアップすることによりネットワーク全体としての稼働性を高める方式がとられるようになる。

1・2・2 ファイルオリエンテッドシステム

計算機システムの構成は磁気テープオリエンテッドシステムからランダムアクセスファイルオリエンテッドに変遷してきている。

これらはランダムアクセスファイルとして記憶媒体をとりはずしできるディスクバック装置が経済的に使用し得る様になったことによるところが大きい。

それに伴って従来からの磁気テープランダムアクセスファイルに対する考え方の概念が変わりつつあるのが現状であろう。

計算機システムの動向の一つは即時処理方式の増大である。

これらのシステムにとってランダムアクセスファイルは必要不可欠のものであるが従来磁気テープが主として用いられてきたバッチ処理においても、ランダムアクセスファイルが一般に使用される傾向にある。

将来においては更にこのファイルオリエンテッドの傾向は大きくなり、磁気テープは主としてデータ処理用としてよりもデータ保存の手段として使用される様になる。

この傾向はファイルの構成方法、アクセスの方法等の改良、進歩発展と大いに関連がある。今日ランダムアクセスファイルの使用法としては一般に、次の方式がとられている。(注2)

(1) シークエンシャル(Sequential)

(2) パーティション・シークエンシャル(partitioned sequential)

(3) インデクス・シークエンシャル(indexed sequential)

(4) ダイレクト(direct)

この様なファイルアクセスの方式はレコードのファイルへの記憶、ファイルからの読出し、レコードの検索が基本的なものであり、システムによって処理方法が定まってしまう。

これに対して最近の動向として以上の様な個別システムから従来アプリケーション毎に管理されていた種々の構成のデータを総括的に管理しようとした総合システムへと発展しつつある。

データマネジメントシステムとして現在IBMのGIS (Generalized Information System), GEのIDS (Integrated Data Store), UNIVACのIMRADS (Information Management Retrieval and Dissemination System), 日本電気のCIS (Consolidated Information Storage System) 等があるが、これら総合ファイルシステムの発展は将来実現が予測される大容量ファイルを使用した有効な情報検索システムの実現を指向し、更にMISにおけるデータバンクの確立の基礎となるものである。

一方ファイルシステムの動向として重要なものの一つにTSSのファイルシステムがある。

このファイルシステムでは、

(1) ユーザがファイルを使用する場合、ファイルへのアクセス方法についてハードウェアを知らなくても容易に使用できること。

(2) 情報のプライバシーの保護

(3) ファイルの共有

(4) ファイルの安全性の確保(保護と救済)

が要求され、MITにおけるMULTICSはこの要求を満すファイルシステムを設計する試みの代表的な例であるが、効率の点において問題を含んでおり、実用的なシステムとして確立される迄には今後も種々の考え方が生じて来ると思われる。

何れにしても各種のアプリケーションを対象とし、これらの目的・性格・処理形態に合致したファイルシステムは将来の計算機システムに要求される最大の要素の一つであり、情報の大量化と情報処理網の広域化につれて、各種の情報を検索、処理できるファイルシステムが指向されることとなる。

1・2・3 タイムシェアリングシステムとコンピュータコーティリティ

タイムシェアリングと言う概念ができた背景には、2つの点があると考えられる。

第1は電子計算機の内部演算速度が高速化したのに対して端末装置(入出力装置)のスピー

ドとの間にアンバランスを生じたこと。

第2は手軽に電子計算機を使いたいと言うユーザ側の要望である。

このTSSの概念は一般に「遠隔地の多数ユーザに対して、互に独立してオンラインリアルタイムの使用が認められていて、かつユーザが必要とする時間はいつでも必要に応じて処理時間が与えられるようになっており、又、予め与えられている優先順位に従ってスケジュールを調整する管理プログラムを備えているシステムである。」と定義されている。

タイムシェアリングシステムは、今日すでに計算機の利用方法として、その地位を固めつつあるが、まだ技術的に確立されたものとはなっておらず、次に述べるような多くの問題をかかえている。

(1) 効率のよいハードウェア、ソフトウェア及びシステム構成

現在のシステムは極めてオーバーヘッドロスが大きく、これを解決するためにTSSとして、ハードウェアとソフトウェアの機能分担を如何に考えるかが重要な問題である。

(2) プログラム言語の標準化

通常のバッチ処理モードのFORTRAN, COBOLの標準化だけでなく会話モードに於ける言語の標準化を必要とする。

(3) 経済的な大容量ファイルの実現性

データバンクとしての大容量ファイルはタイムシェアリングシステムに不可欠であり、現在のランダムアクセスファイル(2~3憶字)よりも大きく、かつ低廉なファイルの実現が望まれる。

(4) システムの信頼性

大規模なネットワークを構成するタイムシェアリングシステムでは、100%アップタイムが要求される。

(5) 情報の安全性の確保

タイムシェアリングシステムでは、多数のユーザがシステムを共用するので情報の安全性と秘密保護が重要になる。

(6) 処理コストの経済性と課金方式

課金方式として中央計算機システムの使用料、通信回線の使用料、端末装置の使用料につき種々の課金方式が考えられるが、最も合理的な方式の研究が必要であり、又、ユーザから見ても小型計算機との競合を含めて使用料が魅力のあるものでなければならない。

(7) 最適な端末装置

低廉で経済的な端末装置が重要であり、これはアプリケーションにより異なってくる。

(8) 効率の高いオペレーティングシステムとシステムの運用

これらは、いずれも1つつ地道な努力によって解決が計られなければならない問題であるが、本質的にタイムシェアリングシステムの前途も阻害する問題ではなく1975年には、タイムシェアリングシステムは一般的な計算機の利用方法となっていると考えられる。

タイムシェアリングシステムは、その適用業務によって、システムの処理形態も異なってくるとみられるが、米国のコンサルト会社の1つであるAurthier D. Little は、すでに1967年2月のレポートで10~15年後の動向につき、ユーザのEDPSに対する経費の比率で次の如く予測している。

(1) 科学技術計算サービス

これはユーザが端末装置から、科学技術計算プログラムを入力し、必要な計算サービスを受けられる様を形態で、これによりユーザは大型電子計算機を保有しているのと同様の効果を期待できる。

これは全社の10%程度を占めると予定している。

(2) 照合検索サービス

これは情報検索サービスであり、現在でもクレジットサービス、予約業務、個人の履歴照合サービス、判例サービスなどが実施されているが、将来は矢張り全体の10%程度を占めるとみている。

(3) ファンクショナルデータ処理サービス

これは特定のパターンからなる業務計算サービスで、例えば税金計算、在庫管理業務、等の計算サービスを、リモートバッチの形式で実施させようとするもので、全体の15%程度を占めるとみている。

ADL社では10年~15年後には、この様なタイムシェアリングシステムが全体の約1/3を占めると予測しているが、我国に於ても既に電々公社が、タイムシェアリングサービスを実施しようとしていることなどから見て1975年にはすでに実験の域を脱しているであろう。

MITのMULTICSはページングやセグメンテーションの機能を持ち、更にフェイルソフトシステムを構成出来るシメトリックシステム^(注3)構成がとられているが現在まだ解決されねばならない問題があるようである。

例えば、multicsの如き2次元アドレスの方式は、管理プログラムの占めるオーバーヘッ

ドrossを極めて大きなものとしており、効率の点に於て、必ずしも満足されるものではないように思われるが、将来この点に対する改善がなされると考えられる。

1・3 今後10年以降の動向

計算機技術はめまぐるしく、進歩発展しており、1980年以降のアーキテクチャ及びシステム構成を予測することは、極めてむずかしいが、大きな流れとしてとらえてみると、そこにみられるものは所謂、情報化社会の実現であろう。

これは例えば次のような点で考えられる。

- (1) 情報処理網の拡大
- (2) 経営情報システムの高度化（戦略レベル迄の）
- (3) 計算機制御システムの各分野への普及

情報処理網は、その確立に恐らく数10年を要すると考えられる大きな問題であり、これは遠い将来国際間の情報網の確立へと結びつこう。

しかし、タイムシェアリングサービスは、可成り近い将来に一般家庭を対象としたところまで普及すると考えられる。

これは十分に経済的なシステムを構成できるようになっていると考えられるからであり、そのために極めて安価なデータ端末装置、電子的大容量ファイルが実現されていよう。

企業、組織体に於ける計算機の利用は経営情報システム（MIS）の高度化であろう。

オペレーションレベルから先ず取入れられると言われる経営情報システムが戦術レベル、戦略レベルへと高度化される動向をとるであろう。

更に、将来の計算機システムは制御系の管理運用に広く利用される様になるであろう。

現在でもすでに交通管制、生産工程のプロセス制御等に利用されているが、是はLSIを中心として、素子の極小化と信頼性の向上、高速化等により極めてコンパクトで堅固なものとして実現され、あらゆる部門の運用管理に適用されることになるう。

計算機システムの将来の発展は広範囲且つ高度な内容を期待でき、アーキテクチャの面で見ると学習能力をもつ計算機の出現が期待される。

学習能力とは経験の蓄積とそれによる最適な判断能力であり、これはほう大なファイルの実現と、データの入力手段としての音声認識、パターン認識の実現により可能となろう。

（注1） 連想記憶とは記憶内容の一部を指定して全体の内容をひき出せる記憶方式をいい、

これによりインデスタブを必要とすることなく特定のキーをもつ内容をひき出し得る利点をもっている。

(注2)

1) シークエンシャル

各レコードが連続して記入されているもので、磁気テープの記録方式はこの方式である。

この方式は記録容量が有効に、無駄なく使用できる利点があるが、特定のレコードが必要な場合、全レコードを調べなければならず、またレコードの追加、削除を必要とする場合部分的な更新では済まない。

2) パーティション・シークエンシャル

前記のシークエンシャルなファイルをメンバと呼ばれる単位に分割し、各メンバの開始場所を示すディレクトリを作ったもので、ライブラリ作成などに便利である。

3) インデスタブ・シークエンシャル

各レコードの格納番地をインデスタブで示したもの。

インデスタブにより、シークエンシャルな処理と、ダイレクトアクセスが同時にできるが、常に2回以上のアクセスが必要であり、且つ更新処理ではレコードとインデスタブの両方の更新が必要である。

4) ダイレクト

レコードのキーを或る変換式によって変換して、格納番地を決定するもの。

キーが与えられれば、インデスタブを用いずにダイレクトアクセスができる。

この場合、キー変換式の選択により処理能力がかわる。

(注3) シンメトリックなシステム構成とは、全く同一のコンポーネントをもつ2組のシステムが有機的に結合されたものをいう。

MULTICSの場合は、2組の中央処理装置は互いに他の中央処理装置に接続されているコンポーネントにアクセスできる構成になっている。

第 2 章

ハ ー ド ウ エ ア

422

2. ハードウェア

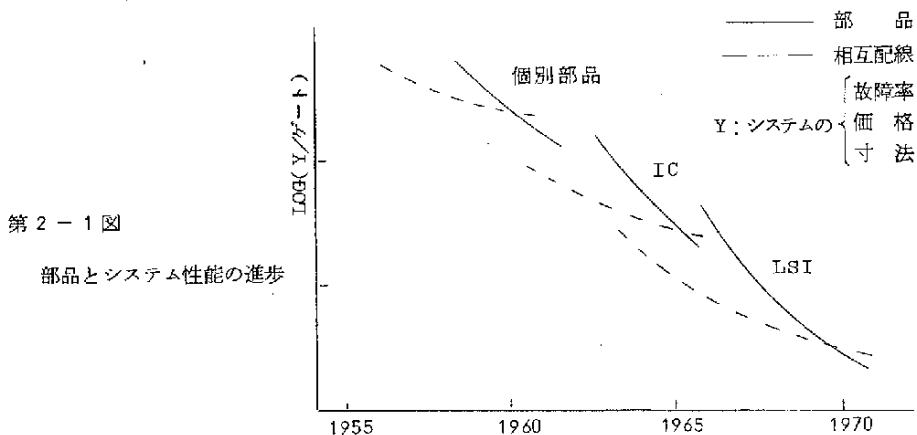
2・1 演算・制御部

演算、制御部のハードウェアに関してこれからの数年間に最も大きな影響が予想されるものは集積回路技術の進歩である。集積回路における集積規模はますます大きくなり、ICからMSI (medium scale integration) へ、さらにLSI (large scale integration) へ進むと考えられる。このことは単に回路が変わるということに止まらず、実装法、論理構成、設計手段等に大幅の影響を与えることになるだろう。したがって本節の主題はLSIの影響とすることが大きな部分を占めることになる。

2・1・1 集積回路技術の進歩と実装法の変化。

さきの調査報告⁽¹⁾において国産計算機の論理回路が、昭和43年以降にはじめて設置される機種についてはそのほとんどがIC化されるということを述べた。これらのICのうち、レジスタなどの繰返し性のよい回路には現在でもかなり集積度の大きなものが使われはじめている。MSL, LSIの定義は確定していないが一応の目安として1個のパッケージに収容されるゲート数が10 ~ 100 程度をMSI, 100 以上をLSIとよぶことが行なわれている。

個別部品からICへ、そしてICからMSIを経てLSIへという進展の過程は、単に後者が前者よりも考え方において高度なものであるというようなことで具体化されるのではなく、実用上の利点にもとづくものである。その利点に関する評価の項目は極めて多く、また明確でもないが、マクロに考えれば部品の技術と、部品を組合せてシステムにまとめる技術の両者間における妥協の問題とみることができよう。

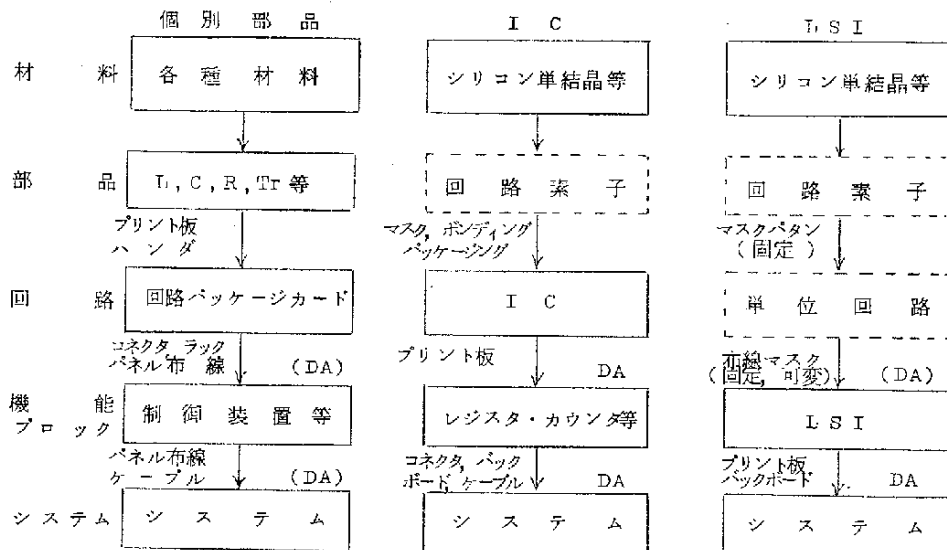


(1) 情報処理技術の現状と展望, 42-R003, (昭和43.9)

第2-1図はこの関係をかなり定性的に示したものであって、システムの故障率、コスト、寸法といった“性能”が年次とともに進歩する状態を示すものである。⁽²⁾第2-1図中には部品技術と、部品を組合せる結線、組立技術をそれぞれ実線と点線で示してある。第2-1図で顕著なことは次の2点である。すなわち(1)曲線が個別部品、IC、およびLSIの3群に分れること、(2)それらの移り変りの直前には実線と点線が交叉していること——これはシステム全体の性能が組立技術によって制限される状態となり、新しい形態の部品を要求していることを意味する。そして新しく導入された高集積度の部品は当初やや高価であるが急速に前段階の部品の性能を上まわるようになる。もちろんLSIの段階となっても個別部品や低集積度のICもなくなるという性質のものではなく、第2-1図のLSIの曲線はその導入に適した部分から使用されはじめるものとみるべきである。その最初の応用分野はメモリーであると考えられる。これはメモリーマトリクスにおける構造の均一性がLSIに適するためであり、制御部への導入は設計コストへのはねかえりを考えると多少時期的に遅れるであろう。現在はIC種類はほぼ出そろって、さらにMSIが実用分野を広げつつあり、LSIは初期の実用段階にあるがこの過程は急速に進展するものと考えられる。

ICからLSIへ進むことによって演算・制御装置の実装方式にかなりの変化が予想される。

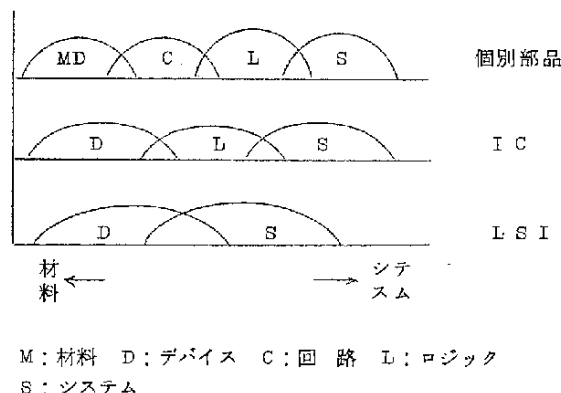
第2-2図 個別部品、IC、LSIにおける実装レベルの比較



(2) C. J. Walter et al, Computer Design, 7, No. 10, p. 48 (Oct. 1968)

第2-2図は材料から装置までの間における実装法の諸段階を、個別部品、ICおよびLSIの3者について比較したものである。実装レベルとしては材料、部品、回路、ロジック（または機能ブロック）および装置の5段階とした。この場合、ICでは材料から回路の段階までがIC技術として作られるのに対して、LSIではロジックの段階までがLSI技術の範囲に含まれる。それでこれらを広義に部品技術と考えれば、部品技術に含まれる範囲がますます増大することになる。第2-3図はこの関係を模式的に表わしたものである。

第2-3図 ハードウェア技術の階層



このことは計算機的设计製作過程に大きな影響を及ぼすものと考えられる。すでにその変化は個別部品からICへの過程において急速に起りつつあるとみられる。その大きな特徴の一つは設計製作の手段として計算機を利用することであり、すでに現在でも計算機を使用することなしに設計不能と考えられる部分も多い。

またこのような実装段階の統合によって、部品技術者、回路技術者、システム設計者が独立に仕事を進めることが困難となってきた。このため計算機メーカーはセット・メーカーの立場に止まらず自社でLSIを作る必要性が増大し、ICメーカーは計算機の製造分野に進出する傾向を生じてきた（日本では計算機メーカーとICメーカーの分業がアメリカほどに成立していないのでこの点企業単位ではやや明確さを欠く）。

これをLSI製造ならびに使用上の制約という面でみれば、製造者はシステム機能が確定しなければ製作できない場合が多くなり、使用者は回路形式、組合せ等に関する標準化や制限事項が多くなる。これらの制約は一面で設計の自由度を限定するものであるが、それによって得

られる利点は、第2-1図に総合的に示したようにその進展の必然性を主張するものである。次項にその影響を近い将来への予測とともに検討しよう。

2・1・2 LSIの影響

部品としてどういうことが期待されるかということと、それが演算制御システムにどのような影響を与えるかという2項に分けて記載する。

(a) 部品としての特徴。小形化、高信頼性、低価格、高速、というような面が考えられる。

小形化ということはLSIにとって極めて本質的なものであるが、現在ではこれをシステムに組立てるための実装技術がそれに見合うだけ進歩していないためにLSI個有の高密度性が十分発揮できない状態にある。具体的にいえばコネクタとプリント配線板の問題が大きな部分を占めている。これらの改良は続けられるであろうが短期間における大幅の性能向上は困難と思われる。むしろLSIの中である程度のまとまった機能が処理されて、外部との結線を少なくするような形式の機能ブロックを用いることの方が有利であろう。デコードを含んだメモリ回路、シフトレジスタなどはその一例である。

LSIの信頼性については未知の要素が甚だ多いが、トランジスタやICにおいて信頼性を局限する要因の中の大きなものはワイヤボンディングの部分であり、LSIは機能当りのボンディング数が小さいから高信頼度が期待できるといわれている。

高速性については、LSIにおける回路素子が個別素子よりも本質的に高速に適するという事はないが、機能回路の速さは素子の性能だけに依存するものではなく、素子間の配線に依存する部分もかなり多い。LSIではこの種の配線が極度に小形化されるために高速化が容易となる場合がかなり多いと考えられる。

価格については、LSIそのものが機能当りにして個別部品や集積度の小さいICにくらべて低価格になるという面と、LSIを導入することにより組立、配線の価格が小さくなるという両面がある。

LSIの価格は、多くのLSIが試作的な性格をもっている現状ではその評価が困難であるが、LSIに限らぬ集積回路一般に関して数種の機関によって行なわれた価格予測例を第2-4に示す⁽³⁾。集積度については、定性的にいつてはじめはそれがある値以上になると歩留りが低下することによって再び高価となってくる。この最適点は製造技術と需要量によって異なるが、年次とともに集積度の大きな方へ移行するものと考えられる。第2-5図は具体的な

(3) 集積回路ハンドブック p460. 丸善(昭43.11)

MOSメモリ回路に関する評価の一例であり⁽⁴⁾、第2-6図はかなり総合的、平均的な集積度の、年次による進展を示したものである⁽³⁾。

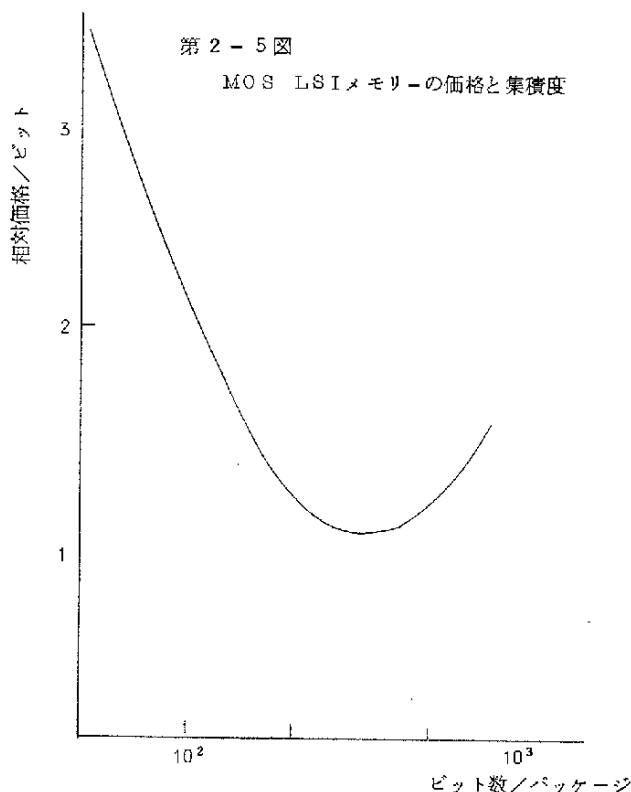
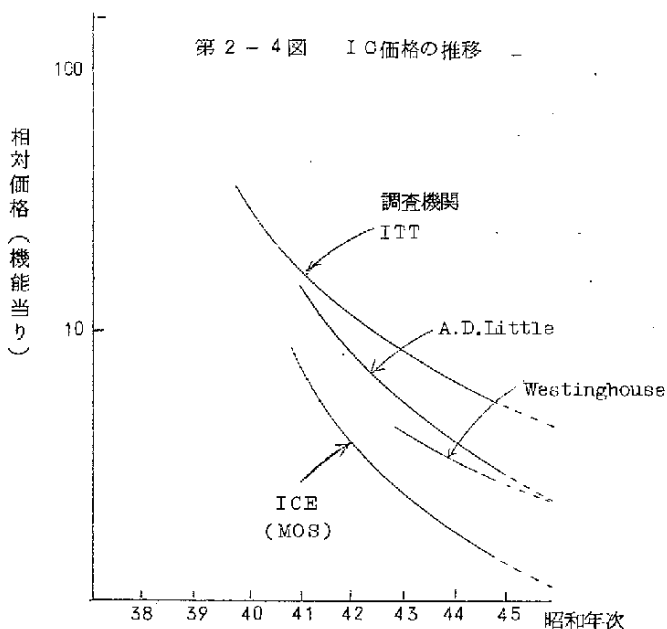
一方論理回路の速度についても改良は続けられると考えられるが、立上り時間1ns程度以上の高速になると回路技術上の困難性が大きくなるのでこの方面での進歩はやや鈍化すると予想される。第2-7図は論理回路の立上り時間の年次による進歩の一例である⁽⁵⁾。

(b) 演算、制御システムへの影響

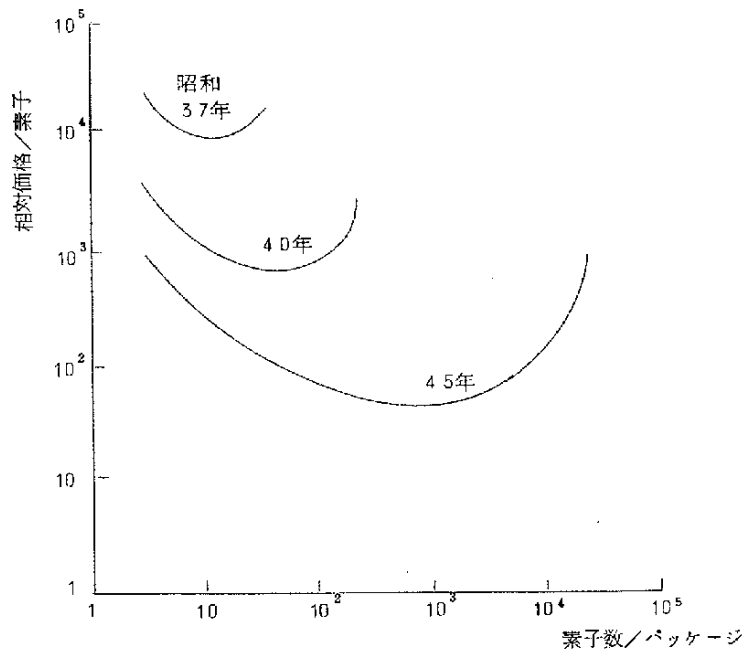
前項に記載したLSIの特徴のうち、小形、高信頼度、低価格ということから

(4) L.J.Seirn et al, Digest of IEEE Computer Group Conf. p.38 (June 1968)

(5) J.J.Digiacocono Computer Design 7 No.4 p88 (April 1968)



第2-6図 IC価格、集積度の進展

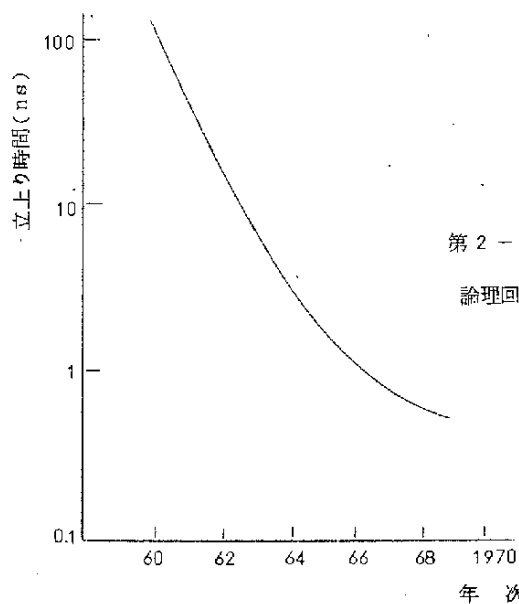


多数の論理素子を使用することが可能となってくる。またシステム全体に対する論理、記憶等の価格配分が変ってくるのでこれに適した構成ということが新らしく考えられるようになるであろう。

第2-8は平均的な計算機の中央処理装置ハードウェアにおける種々な部分の価格配分と、それをそのままLSIに置きかえたときの配分を示すものである⁽⁶⁾。これより論理回路の占める価格が著しく小さくなることがわかるが、ここでもLSIについては同一構成の回路がどの程度使われるかが問題であり、繰返し性の低いものについてはその設計、製造の初期コストを考えると大幅の価格低減は期待できない。この点ではむしろ製造台数の多い小形機がLSI導入によって有利となる場合も考えられよう。ともかく概括的にいえばLSIの導入によって現在よりも多数の論理回路が使われるようになると思われるべきであろう。

多数の論理素子を使用することによって現在ソフトウェアで処理されている機能のかかなりの部分がハードウェア化されると考えられる。この方向でのハードウェアは特定機能の論理回路

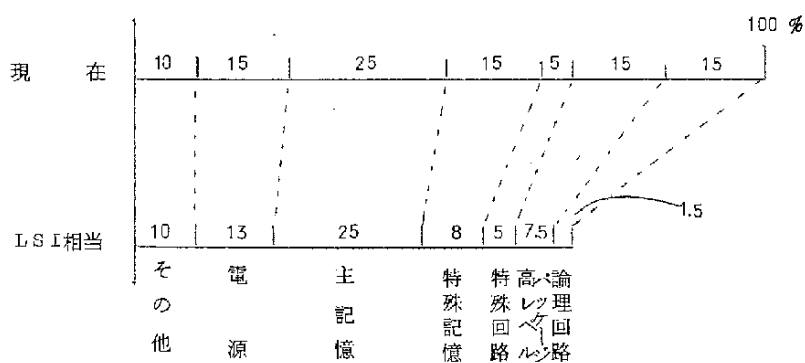
(6) M.G. Smith et al., Proc.FJOC'67, p.87 (Nov.1967)



第 2 - 7 図

論理回路の立上り時間の進歩

第 2 - 8 CPU の価格構成



第 2 - 1 表 計算機性能の推移

	1960	1965	1970	1975
加 算 時 間 (アクセス時間を除く)	4 μ s	0.8 μ s	8ns	1ns
記 憶 サ イ ク ル	4 μ s	0.5 μ s	100ns	30ns
コアメモリ1ビットの 価 格 (ドル)	0.85	0.20	0.1~0.05	0.005

よりも連想記憶、固定記憶といったアレー構成をもつものが、より適すると考えられるので、次節記憶の部分で言及することにする。

この種のハードウェア化によって計算機の総合的な処理能力は著しく増大すると考えられる。第2-1表はこのような観点からの計算機の能力の進展に関する予測の一例であって⁽⁷⁾、これからの数年間における演算速度の向上は記憶サイクル時間の向上をかなり上まわるものと予想されているがこれには高度の並列性の導入による実効的処理時間の短縮が大きな役割を果すものと考えられる。

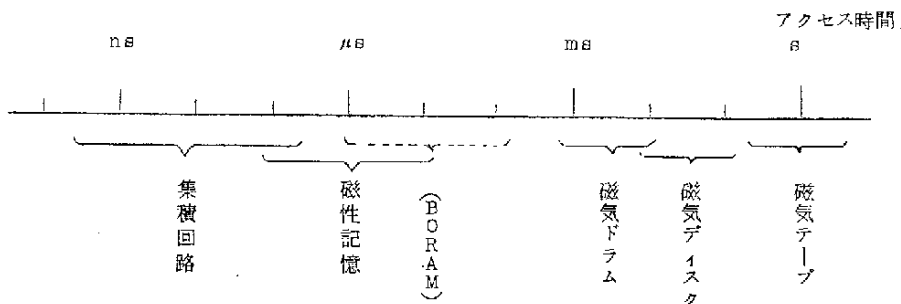
さらに長期にわたる将来展望において、演算・制御は現在よりも記憶と密接な形態をとると思われるので3・2節の最後にまとめてふれることにする。

2・2 記憶部

2・2・1 記憶の階層

記憶の階層構成についてはさきの調査報告⁽¹⁾においても技術の現状について記載した。記憶并置が階層構成をもつことは、これからの数年間の予測においても基本的には変わらないである

第2-9図 記憶の階層



う。けれどもそれぞれの階層を構成するハードウェアとその性能分野には多少の変化が予想される。その概要は、第2-9図を参照して、つぎのような項目となる。

- (i) 高速の分野に集積回路が広く用いられるようになるだろう。現在磁性記憶によって主記憶の、容量の小さな分野にまでICが進出する可能性が大きい。

(7) E. L. Horder, Communications of ACM, 11 p. 231 (April 1968)

- (ii) 連想記憶など特殊機能の記憶は、演算・制御などの論理装置の中間領域にかなり実用されるであろう。
- (iii) LSI技術による固定記憶は広い実用分野をもつこととなる。
- (iv) 磁性記憶の性能向上は連続的に続けられる。この分野ではフェライト磁心の独占から、磁性薄膜との共存という方向に進むものと考えられる。
- (v) 磁気ドラム、磁気ディスクの改良は継続されるであろう。何れかといえば磁気ディスクの使用分野がドラムよりも多くなると思われる。
- (vi) 磁性記憶とドラム、ディスク間のアクセス時間の不連続を埋める記憶装置としては、磁性記憶の大容量化ということが続けられるが、新しい形式の記憶としてBORAM(Block Oriented Random Access Memory) という提案が為されている。ハードウェアとしては数種の試みが行なわれているがこれらについてはかなりの見通しが得られる段階に到達すると考えられる。
- (vii) 磁気テープに代る外部記憶は近い将来には出現しないであろう。光を用いたものは情報の書きかえにやや困難があるが現在よりもかなり広汎に使用されるようになると考えられる。

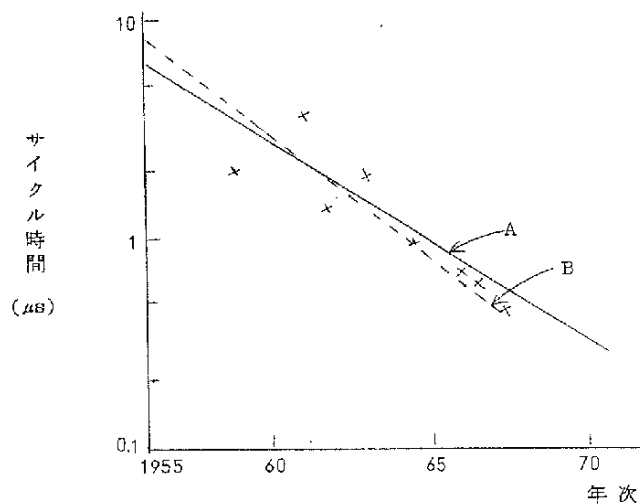
2・2・2 内部記憶装置

主記憶装置のハードウェアは、現在ほとんど磁性記憶(その中でも大部分がフェライト磁心記憶)によって

占められている。

この種の記憶装置のサイクル時間が年次とともに減少してきた状態は第2-10図に示すようである。第2-10図のA、Bは調査機関の別であるが大略一致しているとみなすことができよう。

第2-10図 主記憶サイクル時間の進展



の傾向はある程度延長を予想することができるが、つぎの2点を考慮する必要がある。すなわち、フェライト磁心記憶の速度向上は磁心外径の小形化と密接な関連を有しており、その外径は現在において取扱いにかなり困難な段階にまで到達していること、換言すれば磁心記憶の速度向上は続くであろうがその進歩は現在までの傾向よりも鈍化するだろうと考えられる。第2-11はフェライ

ト磁心外径の小形化の推移を示したもので、20ミル(1ミルは1/1000インチ)程度以下になると取扱いの困難性が目立ちはじめ、15ミル以下では著しく困難となる。

第2-11図 記憶磁心外径の小形化



一方、フェライ

ト磁心と競合する立場にある磁性薄膜記憶は、現在実用されはじめた段階にあるが、記憶素子が高速動作に適することと一括生産に有利な形態をもつことにより、製造技術の向上にともなって、内部記憶の分野にフェライトと共存するようになることが予測される。磁性薄膜には平面形の薄膜構造をもつものと、線状のもの2種があり、現在いずれも実用されはじめているが、5年以内の将来では線状のもの(ワイヤメモリ)が多く実用の段階に入ると思われる。⁽⁸⁾ 1970～75年の期間で内部記憶の約10%がこの種のものとなるだろうという予測がある。第2-12図は過去および将来の数年間について、ランダムアクセス内部記憶の需要を示すもので、需要量中に占める比率をサイクル時間によって分割して表わしてある。これよりサイクル時間が3μsよりも大きい装置は極めて少なくなるということがわかる。

磁性記憶のもう一つ分野として主記憶の10倍以上の記憶容量をもち、速度のやや遅い記憶装置がある。ここではバルク記憶とよぶことにする。この分野は日本では大形のシステムに使われはじめた段階であるが、近い将来に広く用いられるようになると思われる。

(8) G. A. Fedde, 1968 INTERMAG Conf. (April 1968)

集積回路について

では3・1節に

L S Iの問題を記

載したが、L S I

が最初に実用され

る分野は記憶の関

係と考えられ、現

在でも数百ビット

から2 Kビット程

度のL S Iが試作、

または実用に用い

られはじめている。

M O SまたはS O S

(Silicon on

Sapphire) の技

術による固定記憶

は現在でもビット

数の大きいものが

試作されており、

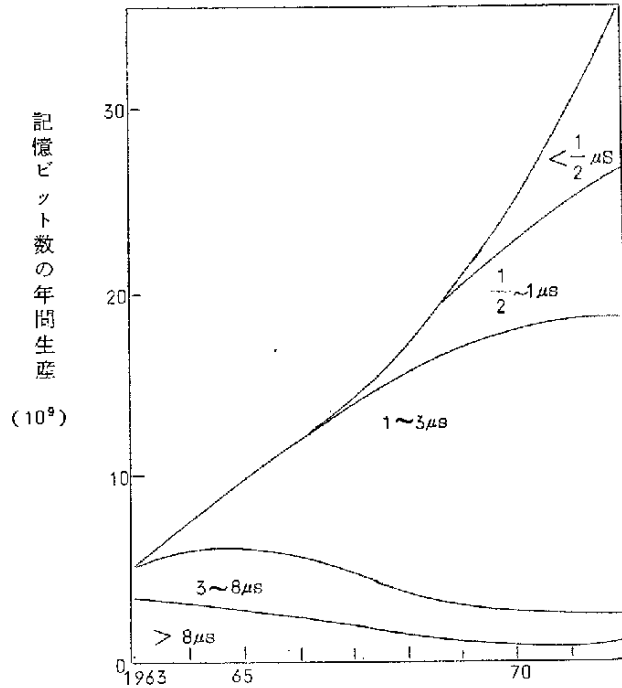
このような固定記

憶の利用は演算・制御のみでなく入出力制御や小形計算機分野に大きな影響を与えるものと予

想される。またかなり容量の大きいバッファ・メモリがI Oによって実現されると記憶階層での

磁性記憶の位置が現在より大容量の方向へ移動することも予想される。

第2 - 12図 内部記憶の年間生産量の推移
(アメリカ)



第2 - 2表 スクラッチパッド〜主記憶性能

種 類	サイクル時間 (μs)	容 量 (ビット)
集 積 回 路	0.03 ~ 0.2	$< 10^6$
磁 性 薄 膜	0.1 ~ 0.6	$10^5 \sim 10^7$
フ ェ ラ イ ト 磁 心	0.3 ~ 1	$10^5 \sim 10^7$

(5年後)

第2-2表は5年程度の将来における主記憶の性能の大略を推定したもので、数種の文献を⁽²⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾参考とした。

バルク記憶として現在研究段階にあるものの一つに超電導記憶がある。この種の記憶は最近の10年間以上研究が続けられている。これが実用になるかどうかは未知であるが、5年以内にはかなりはっきりした見通しが得られるであろう。予想される超電導記憶の性能も含めて、⁽²⁾⁽⁹⁾バルク記憶の性能予測を第2-3表に示した。

第2-3表 バルク記憶性能

種 類	サイクル時間(μ s)	容 量 (ビット)
磁 性 薄 膜	0.5 ~ 1	> 10 ⁷
フ ェ ラ イ ト 磁 心	1 ~ 2	〃
超 電 導	1 ~ 10	〃

(5年後)

2・2・3 ファイル記憶装置

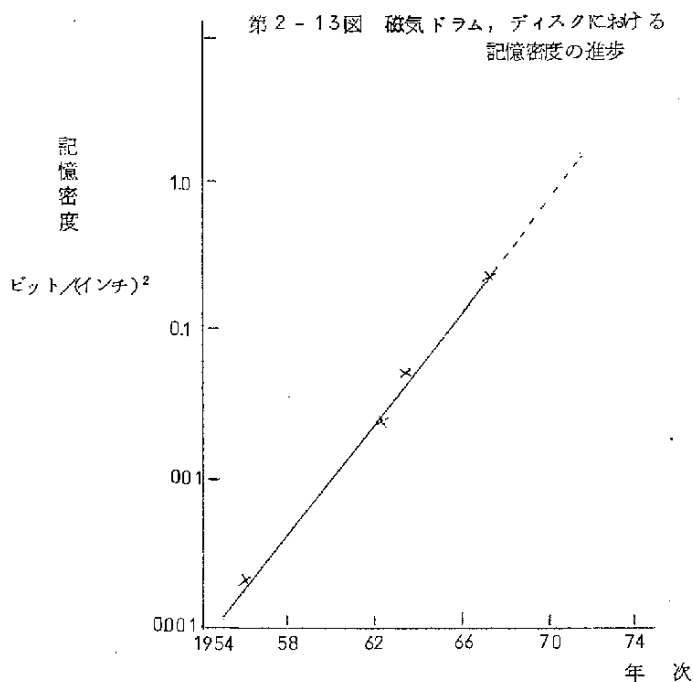
現在のファイル記憶はほとんどすべてが連続的な磁性体の表面に磁気ヘッドで情報を読み書きする“磁気記録”の技術によるものである。この種の装置の性能は機械的な問題によって制限されることが多い。すなわち、磁気ヘッドの構造(ヘッドギャップ等)、ヘッドと記録媒体との間の空隙の保持、ヘッドの位置決め、ドラム、ディスクの回転機構、および磁気カードなどにおける媒体の移動機構等である。これらについての連続的な改良は精力的に続けられており、初期の装置にくらべると著しい進歩が認められる。これは将来も続けられると考えられる。けれども改良の著しいものは記録密度に関するものであって、媒体の移動速度に関する改良はそれほど著しくはない。情報転送速度の向上も、密度の増大によるものが多いから、アクセス時間の短縮はそれほど著しくない。第2-13図はこの種ファイル記憶の記憶密度の、年次による進歩を示したものである。⁽¹¹⁾

この種のファイル記憶装置は構造上数種のレベルに分けられ、ヘッドがトラックごとに固定されているか、移動によってトラックを選択するか、また記録媒体が交換可能であるか固定で

(9) L.C.Hobbs, IEEE Trans. EC-15 p.534 (Aug.1966)

(10) D.A.Hodges, Proc. IEEE 56 p.1148 (July 1968)

(11) F.D.Risko, Proc. Fall Joint Computer Conf 1968, p.1361 (Dec.1968)



あるか等によって性能および使用方法にかなりの相異がある。第2-4表は近い将来におけるこの種の予想性能の数例である。⁽⁹⁾

第2-4表 電気・機械式ファイル記憶の性能 (1970年)

装置の種類	1台の記憶容量	アクセス時間	転送速度
移動ヘッド磁気ドラム	2×10^9 ビット	60ms	2ビット/秒 $\times 10^6$
固定ヘッド磁気ディスク	1	15	3
移動ヘッド磁気ディスク	10	60	2
媒体交換形磁気ディスク	05	80	2
磁気カード	10	200	0.7

前述したように電気・機械式ファイル記憶のアクセス時間はフェライト磁心等の全電子式

記憶装置に比べて $10^4 \sim 10^6$ 倍程度大きい。この違いは余りに大きいので情報処理上の一つの難点となっている。したがって記憶階層上この空隙を埋める装置の実現に対する期待は大きい。このような要求を、特定のハードウェアに限ることなしに、やや抽象的に表わしたものがBORAMである。その性能の主なものを列挙すれば以下のようである。

- (i) 情報はある程度のブロックを単位としてアクセスされ、それらのブロック単位ではランダムに呼出される。その呼出しに関して機械的運動を伴わず、電子的に実行される。
- (ii) ブロック内の情報転送は逐次的であってもさしつかえない。
- (iii) 記録媒体は交換可能であり、媒体だけを取り出して保存できる。

このような性質を有する記憶装置が数種類研究段階にあるが、現在はそれらのうちの何れが近い将来に実用されるか推定が困難である。5年以内にはかなりはっきりした見通しが得られるものと考えられる。

その具体例を挙げると、磁性体と超音波の組合せによるものがある。これは磁わい遅延線のような動的なものではなく、情報は磁性体の磁化方向として静的に保持され、読出し書込みに超音波による磁わい効果を用いるものである。前述のBORAMの性質(i)~(iii)は満足するがどの程度の記憶容量が実用的に作り得るかよくわかっていない。

別の方式として磁気光学効果を用いるものがある。磁性体の磁化方向を光学的に読取り、また書込みを行なおうとするもので、アクセスは光ビームの偏向により実現しようとするものが多い。レーザー光源、光半導体技術の進歩により現実性がかなり大きくなってきたものであるが、磁気光学的な材料の研究からとりかかる必要があり、この数年以内には見通しをかなりはっきりさせるという段階に止まるものと考えられる。

光を利用した記憶または処理技術については、上述した磁気光学以外にもかなり広汎な研究開発ならびに実用化が予想される。その背景にはやはり、光源および関連技術の進歩があげられよう。この中でマイクロフィルムのような形の記憶について現在もかなり利用されており、この種の装置の性能向上はかなりの程度が期待できるが、これらと異なるものとしてホログラフィーに代表される取らぬ光学技術が現在精力的に研究されており、数年の間には実用分野もかなり明確になるものと考えられる。この分野はディスプレイ、計測等にも広い応用を有しており、記憶はその中のかなり重要な一分野ということになる。

以上、光学技術を含んだ将来のファイル記憶の分野では本稿での取扱いが定性的となったが、光学技術において多くの場合に強調されるものはビット密度であり、ミクロン単位の記憶領域、または光の干渉が関与する記憶密度の可能性が論ぜられる。けれどもそのような原理的問題を

はなれて、工学的または実用的な領域を論ずるとすれば、制限事項はまた別のところにあることが多い。このような問題も含めて、5年程度の将予測においては、この種記憶技術に関して、より確実性のある見通しを得るということが必要でありまた可能な範囲であると考えられる。

2・2・4 将来の展望

5年以上、10年程度の将来展望においてハードウェアがどのような形態をとるかを予測することはむづかしい。過去の経過を例にとるならばIC技術がいつから実用の段階に入ると考えるかによって著しく異なるものとなったであろう。このようなことを将来にとるならば技術がいつから実用の段階に入るかによって予測の形態はかなり違ってくる。

将来の処理装置において、論理部と記憶部はますます統合されたものとなるであろう。現在連想処理(Associative processor)とか記憶論理(Logic in memory)といわれている処理方式は具体的な形態をとり、現在の計算機が不得手とする図形処理、パターン認識などの分野の能力が格段に強化されるであろう。

また現在固定記憶にその芽生えるみるファームウェアはかなりの書きかえ性をもつ固定記憶(または非破壊読出し記憶)によりその適用範囲を著しく広めるであろう。ファームウェアを入れかえることにより処理装置の論理的構成を変更することは容易となり、応用に適した形をとることも可能となるであろう。学習機械といった概念もこのようなところから実現されてくるかも知れない。

ファイル記憶については著しい量的な進歩が予想される。写真フィルムのような読出し専用のものでは光学的ファイル記憶は広く実用されるであろう。書きかえも読出しと同じレベルで行なうことのできる装置は極めて多くの技術的問題を含んでおり、実用化の時期を予想することは困難である。光学系を用いない現在の廻転形磁気記録は10年くらいの将来においてもファイル記憶の主要なものとして使用されるであろう。記憶容量について現在のものの100倍程度のものは実用されると思われるが、このような量的拡大は使用面での質的な変化を可能とするものであろう。

2・3 入出力装置

2・3・1 展望

将来の入出力装置を現在のものと対比せしめるならば

現存機器の改善によるもの

現存機器の技術を更に発展せしめたもの

新しい概念に基く新規なもの

の三つの範ちゅうの何れかに属するものとなるであろう。

本来入出力装置は情報処理組織とこれを扱う人間との接点に位するものであるので入出力装置と人間との間の情報交換の手法には人間の感覚に基く自らの限界が存在する。

特に人間に近く位置すると考えられる原始データ又は原始媒体作成用入力装置（例えば鍵盤・カードさん孔機、さん孔タイプライタの如き）出力媒体作成用出力装置、（例えばカードさん孔機、ラインプリンタ等）出力情報表示装置（例えばディスプレイ装置）等の如きものに於ては人間と装置間の情報交換の手法と形態即ちマンマシンインタフェイスに本質的な飛躍はあり得ないと考えられるのでこれらの分野では現存機器の改善によるもの及び現存機器の技術を更に発展せしめたものが依然主要なる地位を占めるものと予想される。

又媒体の面から考察すると既存のさん孔媒体（紙テープ、紙カード）の占める位置は多年の実績に基く安定性と経済性の故に先づ揺がぬものと見て差支えなく、其の上これ等の媒体が現在の情報処理システム設計の思想に与えて居る決定的な影響力からも、これを重ねて裏付ける事が出来ると見られるので、既存さん孔媒体を使用する入出力装置の地位に大きな変革は生じないものと考えられ、この種装置も亦、現存機器の改善されたものと現存機器の技術を発展させたものが主要なる地位を占めるものと予想される。

斯かる予想は、この種装置には全く新しい概念の芽生えが期待出来ないかの如き観を与えるが、それは飽く迄装置としての性格に就ての事であり、装置の細部に就ては今後幾つかの新しい考え方に基く手法が開発され、機能対価格比の向上に相当の寄与をなし続けて行くものと思われる。

即ち入出力装置として同一の機能を実現せしめる為のより良い手法の開発と謂う事に関しては未だ数多くの可能性が残されて居るので、たとえ機能的には現存のものと本質的な相違は無くとも、これを実現する手法としては全く新しい概念によるものが実用に供される可能性は極めて高いと言ひべきであろう。

一方全く新しい概念に基く新規なものとしては新しい入力装置の登場に最も大きな期待がか

かけられる。

その根拠は現在の情報処理組織に就て最も原始的な形態を留めて居るのは入力手法特に入力媒体作成の手法であると謂う事実に基く。

即ち原始データに基く入力媒体作成は人手によるさん孔作業特にカードさん孔作業によるものが其の殆んどを占めて居り、情報産業の発達に伴う情報処理量の増加に其のまま略々比例して媒体作成の為の人手の増加を必要とする有様である。

換言すれば情報産業の発達を支える主要なる基盤の一つが媒体作成の為の人手であると謂う甚だ非近代的な要因が存在する。

第三世代から更に第四世代へと進みつつある最近の目覚ましいハードウェアの発展とは正反対に、電算機が実用に供され以来何等進歩する事なく使用し続けられて来た点で革新の激しい情報産業分野に於ける唯一の例外的存在と言えるこの入力媒体作成手法の近代化は情報産業の将来の発展に不可欠の条件であると考えられるので、入力媒体作成の為の新しい装置又は入力媒体作成を必要としない新しい入力装置即ち原始データを其儘入力し得る直接入力装置の実用化は、関係分野が全力を挙げて実現に努力すべき課題と謂うべきであろう。

勿論現在光学的文字認識装置（以下OCRと略記）と謂う形で直接入力の手法は実現されて居るが機能／価格比に於て極めて不満足な状態であり、汎用性のある実用機による直接入力手法の実現は尙将来に期待しなければならない。

この他に新しい概念に基く新規なものとしてはより良いマンマシンインタフェイスを提供し得る機能／価格比の新しい端末装置を挙げる事が出来る。

現在の端末装置は殆んどが既存の機器を若干変形した程度のものであり且つ機能／価格比が極めて不満足な状況にある事と、リアルタイム処理、タイムシェアリングシステム等の急速な普及に伴いより高い信頼性とより良い保守性が絶体の要求条件となる事を併せ考える時、端末装置に関する新しい概念と手法の登場が期待される。

以下入力、出力、及び端末の各装置に分け将来に就ての考察を試みる。

2・3・2 入 力 装 置

入力装置はさん孔紙テープさん孔紙カード等のさん孔媒体上に記録された情報処理システムに読込む所謂さん孔媒体入力装置と、この様な中間媒体を使用せず情報が通常の形（印字）で記録され其儘で人対人の情報交換に使用して居る帳票等の原始媒体を其儘読込む事の出来る所謂直接入力装置、及び直接に人手を使用して入力する直覚型入力装置とでも言うべきもの、の3種に大別し得るであろう。

前二者に就て見るならば現在迄の処ではさん孔媒体入力装置が入力装置の殆どすべてであるが将来は次第に直接入力装置の占める比重が増して来るものと考えられる。

その根拠は2・3・1に述べた如く入力手法が情報処理手法の中で最も近代化が遅れて居るものであり、これを解決する最も有効な手段が直接入力方式であると考えられる点にある。

又第三の直覚型入力装置に就ては新しい形式のものが現れ始めた処であるが将来の発展が大いに期待されるものである。

以下これ等三種の入力装置の将来に就て考察する。

2・3・2・1 さん孔媒体入力装置

さん孔媒体はその確実性と経済性の故に長い使用実績を有し、現在の情報処理組織はこれ無くしては考えられないと云って差支ない程重要な地位を占めて居り、ソフトウェア、ハードウェアの思想に支配的な影響力を持って居るのが現状である。

そしてこれ等の媒体は国内的には勿論国際的にも標準化が極めて進んで居り、情報交換媒体として不動の座を確保して居る。

従って近い将来にさん孔媒体そのものの地位に大きな変化が生ずる事は先づあり得ないと考えて差支えないであろう。

又仮に将来さん孔媒体に代る新しい媒体が出現したとしても現在の状態に大きな変化を与えるには非常に長い時間を要するであろう。

この為さん孔媒体を使用する入力装置即ちカード読取装置、紙テープ読取装置等は今後も依然として使用され続け情報処理組織中に占める比重にも急速な変化はないものと見て良いと考えられる。

これ等の点を総合してさん孔媒体入力装置は将来共機能的には現在のものと大差ないものが依然多量に使用され続ける事になるものと考えられる。

そして標準化された一定の寸法と質量を有する媒体を使用する関係上媒体の取扱速度、具体的には情報の読込速度には大きな進展は無いものと考えられる。

これは現在の機構が速度の点では限界に近い処迄達しており、製品の経済性を考える場合、大きな飛躍は期待出来ないと見る結果による。

然し情報産業の発展に伴って情報処理組織に対する機能／価格比改善の要求は止まる所を知らず時と共に益々強まる事が予想されるのでこの種の比較的定形化した入力装置に就てもハードウェアとしての機能／価格比の絶ざる向上は将来の市場に於て尚高い商品価値を維持して行く為には不可欠の要素となる。

この為同じ機能を実現する為のハードウェアをより安い価格に於て実現し而も信頼性と保守性は更に向上せしめると謂う新手法の開発は将来益々活潑に行なわれる事とならう。

例えば最近実用化の兆しを見せて居る各種の半導体機能素子の如きものは入力装置の中核機能である読取部に最も多く現用されて居る光→電気変換方式に代る新しい読取方式を提供する可能性を学んだものの一つであらう。

又媒体を送る機能に就ても尙幾つかの新しい手法が確立される可能性を感して居ると見るべきであらう。

価格に就ては正確な予見は困難であるが過去の機能／価格比の改善経過から見て将来を予想するならば読取部及び送り機構部に新しい手法を開発して現用のものに比しより簡潔な手法により同一機能を実現し得た場合、I/O化の進展による周辺回路の低廉化傾向と併せ考え5年後に約30%の価格低下は十分に期待し得る値ではないかと考えられる。

2・3・2・2 直接入力装置

a) 直接入力の意味と現状

さん孔媒体の如き中間媒体を使用せず通常使用されて居る印字された原始記録体(帳票等)を其儘情報処理組織に読込む事が出来れば最も理想的な入力形態を確立する事が出来媒体作成の為の膨大な人手(具体的には現在情報産業労働人口の底辺を形成して居る大量のキーパンチャー)を一挙に削減し得る点で情報産業の近代化に最も大きく貢献し得る事は明かである。

従ってこれを実現せしめる手段を与える直接入力装置の実用化は最も大きく期待される処である。

既述の如くこの種装置としてはOCRが既に実用されて居り、将来の直接入力装置の形態は技術の現状に基いて予測するならば矢張りOCR系統のものになるものと考えられる。

然し現用のOCRは何分にも機能／価格比に於て現在のさん孔媒体入力装置に比し極めて大きな格差があり、同一機能(読取速度)に対し10倍以上の価格である為直接入力方式による利点が著しい分野に於て積極的に利用されて居る他は、現用さん孔媒体入力装置(カード読取装置)に代って汎用される迄には至って居ない。

又印字に対する制約(字形、印字品質)も汎用化を妨げて居る要因の一つである。

将来の直接入力装置は機能／価格比の壁を破る事が第一の課題であり、さん孔媒体入力装置に代って汎用される為には同一読取速度に於てカード読取装置の2～3倍程度の価格を以て商品化する事が必要であらう。

但し読取可能な字種に制約を附するならば価格を低下せしめ得る可能性は十分にあり、読取

可能な文字を数字と少数の記号程度に制限してこの程度の価格で商品化したものも現れて居る。

b) 解決の方途と予測

読取可能な文字に大きな制約を与える事無くこの様な機能／価格比を実現せしめる事は現用 O C R の単なる改良を以てしては期待すべくもないのでそこには当然新しい技術的手法の導入と開発が前提とされなければならない。

これには二つの可能性が考えられる。

その第一は新しい認識手法の開発である。

現在印字された文字を認識するには幾つかの手法が実用されて居るが何れも文字の特徴抽出を行なう部分と、この特徴に基いて文字の判別を行なう部分とに極めて多量のハードウェアを必要として居る。

これはこれ等のハードウェアが情報及び信号をすべてデジタルな形で取扱う電算機技術の思想を背景として構成されて居る結果と考えられる。即ち現在の電算機は字形乃至は図形の認識に就てはハードウェアの効率が極めて悪いのである。

それ故より簡潔なハードウェアを以て同じ機能を果し得るような新しい認識手法の開発は O C R の機能／価格比の飛躍的改善に直接寄与し得る点で重要な意義を有するので積極的に推進せらるべき課題であろう。

第二は認識手法は現在の儘の方式を踏襲するがこれを実現する為のハードウェアそのものの価格低減を図らんとするもので具体的には新しい光電検出素子の開発、より安価な周辺回路の開発（I C 化等による）、送り機構の簡潔化等現用装置の思想は其儘受け継いで素子、回路等の改良によって機能／価格比の改善を図らんとするものである。

実際にはこれら二つの相異なる性格のものが何れも夫々の特徴を以て、3～5年後の直接入力装置の標準形態を作り上げる事となるものと予想されるが時間的には第二の方式のものがより早く、3～5年後に商品化され、第一の方式がこれに続き5～7年後となり、最終的には第一の方式に次第に統合される可能性も考えられる。

その根拠は第二のものは実現の確度が可成り高く時間と共に段階的に着実に成果を積重ねて行く事が期待出来るのに対し第一のものは概念と手法の飛躍を前提としなければならぬ為実現の確度に於て第二のものに比して劣る可能性を蔵し開発の為の時間もより長いものと考えられるからである。

機能／価格比改善の効果は勿論第一の方式の方が優るべきで若しこの条件を満たし得ない場合にはこの方式は実用化に至らず消滅するものと考えられる。

c) 新しい課題

OCRの今一つの課題として手書文字を扱う装置の実用化がある。

我国ではタイプライタが欧米に於ける如く日常生活に密着しては居ないので原始記録体が手書きで作成される場合が極めて多い。

この為手書文字の直接入力をする事は国内の情報処理組織の発展に図り知れぬ大きな貢献をなすものと考えられる。

然し現在の認識手法を以てしては手書きの自由字体の読込みには極めて高度の認識用ハードウェアが必要とされて居るので手書文字用OCRは認識用特定活字のみを扱うものに比し高価になり且つ読取速度も遅くなるのが通常である。

而も手書文字を扱う入力装置は其の性格上データ発生箇処に於て捉える事を必須条件とする用法が殆どと考えられるので認識速度は遅くても良いから極めて低廉な価格である事が要求されるものと予想され、具体的には現在の端末機器に似た性格と価格が要求される事となる。

これは技術的には現用の高速OCRとは異った性格のものとなり認識の手法と機器の構成について全く新しい概念のものを開発せねばならなくなる。

この種のものは実現された場合の価値は絶大であるが実現の可能性に就ては尚検討を要する点が多く遽に判断は出来ないので開発を推進すべきか否かに就ても大いに議論の岐れ処である。

茲では早ければ5~7年後に商品化を期待し得る可能性ありとの見通しに留めざるを得ない。

d) 簡易な直接入力装置.....OMR

認識の極めて容易な簡単なマーク(単純な直線が最も多く用いられる)を入力情報の構成要素として使用するならば比較的簡易な入力装置により直接入力を行なう事が出来る。

この場合入力情報は媒体上のマークの位置によって表わされ、マーク自体は手書き又は印刷の何れによるものでも良いのが通常である。

これを光学→電気変換して読取る光学的マーク読取装置(OMR)が最も多く用いられて居る。

OCRの発達により光学→電気変換による読取機能は著しく高められ確度も良好になって来て居るので今後は手書の場合の筆記具、インク、印字品質等の制約の極めて少いOMRの実用化は比較的容易となるものと考えられるので将来簡易型直接入力装置として広く使用される事となる。

2・3・2・3 直覚型入力装置

ここで直覚型入力装置とは人間の直接的な感覚に基く操作によって情報を、情報処理組織に

入力するものを謂う。

前記二種の入力装置（さん孔媒体入力装置直接入力装置）は何れも読取媒体上の情報を読取るのに対しこの直覚型入力装置は媒体を介する事無く、直接に操作する人間の意志に従って入力情報を与えるもので人間と機械の直接的な情報授受に於ける入力の役目を引受ける装置である。

この装置で最も重要な要素は人間と機械の間の情報授受の手法と形態即ちマンマシンインタフェイスで、人間と機械の間の情報の授受を人間の感覚に違和感を与える事が最も少い形で円滑に行ない得る様な良いインタフェイスを実現せしめる事がこの種装置の最大の限目である。

今後情報産業の発達に伴って最も端的に人間と機械の接点に位するこの種装置は益々多様性を増し幾つかの新しい形式のものが次々に実用に供されて行くものと思われる。

現在使用されて居るこの種のものとしては鍵盤による入力と手の描込操作による入力とが最も代表的である。

鍵盤による入力装置としてはタイプライタ系機器及び文字表示用ディスプレイ装置の入力鍵盤を挙げる事が出来、タッチトーン電話機に於ける押釦も亦この範囲に属する。

手の描込操作による入力装置としては図形表示用ディスプレイ装置の入力機構であるライトペンを挙げる事が出来る。

将来の直覚型入力装置は矢張り鍵盤型（押釦を含む）と手描込操作型が最も多く用いられるものと考えられる。

鍵盤はタイプライタ、キーパンチ装置等に長い歴史と実績とを有し人間工学的見地からも最終的な段階に迄煮詰められ既に完成の域にあるものと考えられて居るがこれに就ても今後は更に新しい発展が期待出来るものと予想される。

具体的には機構を伴はない鍵盤の開発である。従来の鍵盤はタイプライタに於て代表される如く鍵盤の操作により或程度の機能を果す機構部が直接駆動される形が採られて居た為操作する人間には常に機構部を人力駆動して居ると謂う感覚を持ち得る様に操作時或程度の荷重を感じる如き構造になって居た。

然しこれはタイプライタに於ては機能上必要な条件であるがディスプレイ装置の入力鍵盤の場合は荷重のある機構部を駆動する必要性は本来は無い。そこで新しい直覚型入力装置用としては操作時に駆動さるべき機構部の荷重を考える必要のない、人間工学的に最も理想的と考えられる操作時の荷重感のみを考慮した新しい鍵盤開発の必然性が生じて居る。

この種の新しい鍵盤の開発は現在では緒についたばかりと考えられるが3～5年後には幾つ

かの新方式鍵盤及び類似の機構が実用に供せられる事となろう。

手の描込操作による入力方式に就ては現在可成り高度のハードウェア、ソフトウェアを要して居るが使用目的に応じてより簡易な方式から、高精度用の高度の方式に至る、機能に応じた各種の方式が開発される事となろう。

音声による入力方式に就ては現在の段階では音声認識に関する多くの困難な問題が存在し、其の解決の目途に就ても確たる見透しを得るには至って居ないので3～5年後の予測を行ない得る段階にはないものとする。

2・3・2・4 其の他の入力装置・・・・・・入力媒体作成装置

厳密には入力装置とは云えないがこれと密接な関係を有する入力媒体作成装置に就ての概観をここに附加する。

入力媒体として最も普遍的なものは紙テープ、紙カードで代表されるさん孔媒体でありその作成装置としては夫々さん孔タイプライタ及び鍵盤さん孔機がある。

これ等に就ては既に良く知られて居るので特に説明を要しない処であり、この種媒体の標準化の確立状況から見て将来これ等の入力媒体作成装置に大きな変革はないものと考えられる。

入力媒体作成装置として新しく出現し、今後可成りの普及が期待されるものとしては磁気テープ型媒体作成装置を挙げる事が出来る。

これは鍵盤により入力した情報を磁気テープに記録し、この磁気テープを情報処理組織の入力媒体として使用する為のもので、入力媒体としての磁気テープは1/2吋幅の標準のものを使用し記録形式も電算機用の標準に準拠し、電算機の磁気テープ装置により其儘入力し得る事を特徴とするものである。

この種のものとはさん孔媒体の如き入力速度の低い中間媒体を介する事なく、高速入力の可能な磁気媒体に入力情報を直接に書き込み得る点に特徴があり、さん孔媒体入力方式と、直接入力方式との中間のメリットを有するものと考えられるので今後さん孔媒体入力作成装置に代って使用される可能性がある。

2・3・3 出力装置

出力装置は

印字型出力装置

さん孔型出力装置

直覚型出力装置

の3種に大別し得るものと考えられる。

以下これらの将来に就ての考察を行なうがこれに先立って概括的な展望を行なうならば、情

報処理組織に於ける出力手法は現在では夫々に使用者の要求を満し得る段階に達して居ると見る事が出来、入力手法に於ける如き著しく近代化の遅れた部分を残しては居ないと考えて差支なからう。

従ってこの種装置の将来は漸進的な改善による機能／価格比の向上が絶えず続けられて行くと言ひ経過を辿る事とならう。

但し機械的手法によらぬ印字方式及び直覺型出力装置に於て新しい方式の開発実用化が期待される。

2・3・3・1 印字型出力装置

高速で移動する活字を高速度ハンマーで叩く機械的印字方式を採用するラインプリンタがこの型の出力装置として代表的なもので、現用印字出力装置は殆ど全部この形式である。

この機械的方式による印字型出力装置は印字に必要なエネルギー、ハンマーの速度、活字の移動速度等から見て現在の印字速度1000～1500行／分が経済性をも併せ考えた場合の限界と考えられるので将来共この方式のものの印字速度の向上は殆ど期待出来ないものと考えられる。

然し同一機能を実現する為のより低価格の機構及び周辺回路の開発は今後も引き続き行なわれ、機能／価格比の漸進的な向上への努力は絶えず払われる事とならう。

特に実効印刷速度を大きく支配して居る紙送り速度の向上には一段の改良が図られる事と考えられる。

この種装置の価格は印字部及び紙送り機構部により簡潔な手法を開発し得た場合はIC化による周辺回路部の低廉化と併せ5年後に約30%程度の価格低下は期待し得るのではなからうか。

将来実用化されると考えられる新しい印字型出力装置として非機械式印字方式によるものに最も大きな期待がかけられるであらう。

これは機械的印字方式に依らぬ電子的又は電子光学的手法による印字方式を使用するもので機構部の動作を伴わぬ為印字速度が極めて早く、機械式の10倍以上の速度迄期待出来る点で将来の超高速出力装置として大きな可能性を有するものである。

機械式の場合と同様な複数枚の同時印字能力を有する方式の開発と、印刷用紙価格の低減（特殊用紙を使用し通常用紙の数倍を要して居るのが現状）に成功するならば出力装置として大巾な普及を期待出来よう。

この他に期待される新しい出力装置としては漢字の印字可能な高速印刷装置がある。

従来の情報処理組織は日本文に関しては仮名を使用する事を原則として来た。これは割が複雑で而も字数が極めて多い漢字(仮名50字に対し少く共2000字、実用的には4000字を必要とする)を使用する事は現在のハードウェア特に出力装置を以てしては不可能である為で、吾々の日常生活に密着して居る漢字は情報処理の対象物からは完全に疎外された儘で現在に至って居り、これに対する違和感も存在しない位普遍化して了って居る。然し情報産業の発展に伴い情報処理が多くの人々の日常生活に迄次第に大きな影響を及ぼし始めるであろうと考えられる1970年代初頭頃からは漢字を情報処理の対象に加えるべしとの要求が次第に高まって来る事が予想される。

これを実現せしめ得るか否かは殆どハードウェアの成否にかかって居り特に出力装置に依存する所が多い。

これに應えるものとして電子的又は電子光学的手法による高速印字装置の開発に期待する所は極めて大きく、むしろ前述の超高速度印刷装置としてより漢字出力装置としての要求の方が上位にあるものと考えられる。

早ければ3年後、遅く共5年後にはこの種のものの商品化を見る事となろう。

この場合漢字2000字種乃至4000字種で現在のラインプリンタと同様1000行/分程度の印字速度を与える事が出来るならば事務用の分野で使用されるラインプリンタの10%程度がこれに代る可能性も考えられる。

2・3・3・2 さん孔型出力装置

さん孔媒体入力装置に於けると同様さん孔媒体の標準化に大きな変化が見られない以上この種装置にも亦基本的な変化はあり得ないものと見て差支なく、現在の形式のものが引続き多量に使用される事となろう。

特にさん孔手段そのものに関する飛躍的な新手法の登場は経済性の点から見て殆ど期待薄と考えられるので入出力装置を通じて将来迄最も変化の少ない機種がこのさん孔型出力装置であろう。

機能/価格比の向上に寄与するものとして送り機構の改良と周辺回路のIC化等による価格低下と信頼度向上が期待出来る。

価格の経過及び予測をすれば5年後に約30%の価格低下は十分に期待してもよいものとおもわれる。

2・3・3・3 直覚型出力装置

直接人間の五感に訴える形で情報を出力するものを茲では直覚型出力装置と称する事とする。

この種の出力装置は最近漸く普及し始めたもので出力装置の中では最も新しいものであるが

非常に良いマンマシンインタフェースを備えて居る為、今後の情報処理組織には非常に数多く用いられる様になるものと予想される。

最も代表的なものは視覚に訴える文字又は図形ディスプレイ装置である。

これは陰極線管の螢光面に出力情報（文字又は図形）を表示するもので表示速度が早く、表示内容の修正、編集、再入力等が極めて容易に、眼で確認し乍ら行ない得る点で他の装置に見られない特色のある良好なマンマシンインタフェースを備えて居るので将来その使用量は急速に増加するものと予想される。又他の形式の出力装置に比し漢字等の複雑な字形の表示を容易に行ない得るのでこの種の用途も多くなるものと考えられる。

この種の装置に於ける最大の問題点は価格であろう。現用のハードウェアは機能に比較して割高であると考えられるので、これを解決する為の幾つかの新しい手法が開発される事となる。

具体的には現在のCRTを中心とした構成を其礎踏襲し、その周辺回路と、情報記憶部とに新しい手法を開発せんとする方向に進むものと、全く新しい表示素子を中心とした新しい概念のハードウェアを開発せんとする方向のものと、の二つが夫々の特色を競い合って共存する事になるのではないかと考えられる。

前者は現在の技術を推し進めて改良を積重ねる性格のものであり、期待し得る成果に就ても可成り確度の高い見通しを立てる事が出来るので3～5年後に現価格の1/2程度となるものと考えられる。

これに対し後者は、全く新しい表示素子を取上げんとするだけに見返しに就ては正確を期し難い。現在この種のものとして幾つかの新しい物理現象を利用する事が各方面で試みられて居り、ガス放電、エレクトロミネセンス、或は液晶等が検討されて居る様であるが何れも機能／価格比に於て妥当な値に達しない限り此の種装置としては意味がないので見通しに就ては尚今後の発展の経過を待たざるを得ない。

図形表示装置については表示の精度に就て一層の向上が図られる事となる。この種のものは表示部以外の、処理部に非常に膨大なハードウェアとソフトウェアを要するので装置としての機能／価格比は図形処理システムとして考える事となるが其の改善は容易ではないと考えられる。

音声出力装置は情報処理組織よりのデジタル出力を音声出力に変換する部分に問題の焦点がある。

具体的には文章を音声信号の形で記憶装置に収容して置き情報処理組織よりのデジタル出

力により所要の文章のアドレスを指定してこれを取り出した上、適当に編集して所要の音声出力信号を得るもの、文章の代りに単語を記憶装置に収容し情報処理組織よりの出力によりこれを取り出し編集するもの、或は音節のみを記憶装置に収容しこれを出力信号により合成して音声出力とするもの、又は音声合成により出力を得んとするもの等々。

現在迄各種の方式が試みられて居るが尙開発途上にあるものと考えられる。

これも、図形表示装置と同じく、一つの処理システムと考えらるべきもので、入出力装置と謂う範囲を超えた規模に於て扱われるものである。

2・3・4 端 末 装 置

情報処理組織の形態は当初のバッチ処理中の謂わば点の形から逐次オンライン処理を行なう謂わば線の形に発展し更に最近では多くの処理組織を有機的に結合する情報処理網と謂う面の形を整えつつある。

この為今後の情報処理組織は其の規模の大小と機能水準の如何を問わず情報処理網中に於ける位置付けを以て律せられる事となろう。

この様な発展の動向に伴って端末装置が情報処理組織のハードウェア中に占める比重は飛躍的に大きくなるものと考えられる。

然し現在の端末装置は従来の電信機器又は事務用機器に多少の改善を加えた程度のもので大部分でありこれに加えて最近では陰極線管(CRT)を使用する直覚型のもので用いられ始めて居る程度で、情報処理組織の端末として特定の訓練を受けた操作員のみを対象とせず不特定多数の一般大衆の手に委ね、機械と人間の接点に位して十分に其の機能を発揮せしめる為には機能と安定度に於て必ずしも満足すべき状態にはない。

特に問題なのは機能／価格比で現在の端末装置は他のハードウェア(周辺装置)に比較した場合、その果し得る機能に比し価格が甚しく高い事、即ち機能／価格比が悪い事である。

情報産業の発展に伴い情報処理網に自己の意志による情報を入力した上、その結果を受取って利用する人の数は急速に増加してその属する階層と分野は際限なく広がって行くものと予想されるので、原始情報の入力及び最終形態での出力を行なう端末装置は発達究極に於ては現在通信網の末端に位して居る電話機の如く極度に分散された形に於て一般大衆の直接の操作に委ねらるべきものと考えられる。

然しこの様な事態は端末装置の機能／価格比が妥当と考えられる処迄改善される事によって実現を期待し得るものであり、機能／価格比の改善が期待通りに実現し得ない場合は今後の情報処理網の形態を特に端末組織の構成思想に可成りの影響が現われて、究極的な形に端末装置

を分散配置する事が出来なくなり、ひいては情報産業の普及の速度に大きな制約を与えるに至るものと考えられる。

この様な点から端末装置の将来は専ら機能／価格比の改善にかかって居り、これを実現する為の方式上の新しい概念の確立と、ハードウェア上の新しい手法の開発とに力を傾注する事が主たる課題であると云うべきであろう。

以下に端末装置を主なる機能により

印字型端末装置

直覺型端末装置

直接入力型端末

の3種に分類し、夫々に対する考察を行なう事とする。

2・3・4・1 印字型端末装置

出力の為に印字機能を備える端末装置を茲では印字型端末装置と称する事とする。

将来共出力情報を印字の形で記録する事は最も多く用いられる手法と考えられるので印字型端末装置は依然として端末装置の主流を占めるものと予想される。

将来のこの種端末装置では前述の如く機能／価格比が良い事が第一の必要条件となり、現在のものと同一の機能を $2/3 \sim 1/2$ の価格を以て実現する事が要求されるに至るであろう。

又信頼度が高く障害の少い事が第二の必要条件となり通常の使用条件に於て少く共6ヶ月に1回、理想的には1年1回程度の定期保守によって無障害で使用し得る程度の信頼度が要求され、同時に1回の保守時間も極めて短く30分前後に留める事が要求されるであろう。

これは情報産業の発展に伴って急速に増加する端末装置の数と、確保し得る保守技術者の数との懸隔が益々甚しくなる事は必至で、信頼性と保守性の低い装置は存在し得なくなると考えられるからである。

この様な二つの条件を満足せしめるため印字型端末装置は二つの発展の動向を辿るものと予想される。

その一つは現在のタイプライタと同様の機械的印字方式を使用し、印字機構部に適用し得る新しい手法を開発して低価格高信頼性の印字型端末装置を美現せんとするもの。

他の一つは機械的印字方式を棄て、新しい非機械式の印字手法を開発し、これにより信頼度の劃期的な向上を図らんとするものである。

特に後者は静電的印字方式によるもの、インクの噴流を制御するもの等幾つかの新しい方式のものが実用化される可能性がある。

一般的には価格の点で前者が優り、信頼性の点では後者により期待が持てると考えられるが新しく開発される手法如何による事であり現在では何れとも断定は出来ない。

然し機械式印字方式は用紙が低廉で一般性があり複写が容易であると謂う特徴を有するので、使用される数量としては将来機械式が依然大きな比重を保ち続けるものと予想される。

印字型端末装置の入力機能は鍵盤によるものが最も多く、一部マークリーダの如き簡易な直接入力型の入力機能が併用される事となろう。

2・3・4・2 直覚型端末装置

ここで直覚型端末と謂うのは人間の五感に訴える出力機能を中心として構成された端末装置を指す。

具体的には陰極線管(CRT)を使用して視覚に訴える出力を与えるディスプレイ装置と音声出力を与える音声端末装置とが挙げられるが後者は端末装置としてはさしたる特異性はないのでここではCRTディスプレイに就て考察する。

文字表示を主体とするCRTディスプレイは今後直覚型端末装置の中心をなすものと考えられるがその為には機能/価格比の大巾な改善が強く要求される事となろう。

具体的にはディスプレイ装置の持つ機能から見てその価格は印字型端末装置と大差ない程度が妥当と考えられるので現価格の $1/2 \sim 1/3$ たる事が要求される事となろう。

これを実現する為にはハードウェアに関する幾つかの新手法の開発が必要であらう。

特にこの装置に適した安価な記憶機能の開発を進めるならばそれは最も大きな寄与を期待し得るものとなろう。

この装置は入力機能として鍵盤を併用する場合が最も多いと考えられるので信頼性保守性に就ては本質的に問題はないものと見られる。

尚CRTに代る表示素子の開発は現在各方面に於て活潑に進められて居る様であるがこれ等は、更に将来の課題であらう。

2・3・4・3 直接入力型端末装置

直接入力機能を有する端末を茲では直接入力型端末装置と称する事とする。

直接入力に関しては既に2・3・2の入力装置に於て述べてあり、端末装置に於ても全く同じ考え方を適用し得るので重複は避けるが機能/価格比の妥当なものが商品化されるならば入力装置と同様に次第に直接入力端末装置が普及する事となろう。

具体的には簡易型直接入力手法とも言うべきマーク読取によるものは価格的にも十分に端末装置に使用し得る条件を備えて居るので次第に用いられる事となろう。

但し媒体の設計に制約が多く且つ媒体の単位面積当り収容し得る情報の量が少いので、その長所を十分に生かし得る割切った用途に活用されるものと見られ汎用性に就ては過大な期待はなし得ないのではないかと考えられる。

一方文字認識機能を有する直接入力端末の可能性に就ては目下の処では予測は困難であるが印字された文字を読込むものに就ては認識速度を極度に低くする事によって価格を下得る様なハードウェア方式が開発されるならばその可能性は大きくなるものと云えよう。

手書文字を扱い得る端末装置の実用化に就ての予測は現在の処では極めて困難である。

2・3・4・4 その他の端末装置・・・・・・・・磁気テープ型端末装置

端末装置で扱う媒体としては紙テープが比較的多いがこれは紙テープ機器がカード機器に比して低価格で構成出来る事と、通信用媒体として扱い易い事が主たる理由である。

然し紙テープは情報量に比し媒体の量が多い為（単位媒体量当りの情報収容量が少い）取扱上必ずしも便利でない点もあり、且つ反復使用が出来ないので、これ等の欠点を有しない媒体として磁気テープに着目する事は自然の成行きと考えられる。

この為磁気テープを使用する端末装置を実用化する事は、可成り早くから試みられて居り、既に幾つかの商品が売出されて居る。

然しこの種の磁気テープ型端末装置には磁気記録特有の問題（書込のチェック、塵に対する考慮、書替の困難さ等）を端末装置としての要求に適合させる決定的な手法が仲々確立せず機能の割合に高価なものとなる傾向があり、現在迄は紙テープ装置に其の儘代替し得る程の所迄達して居ない様であるが将来これ等の問題が解決されるならば紙テープ装置に代って普及する事が考えられる。

第 3 章

ソフトウェア技術

THE
NEW
AMERICAN
REPUBLICAN
PARTY
OF
THE
UNITED STATES

3. ソフトウェア技術

3・1 ソフトウェアの動向

1944年に、ハーバード大学の自動計算機が動きはじめてから、今日までの25年間を、3つの世代に分けて、考えることが行なわれている。それは、大体において第3-1表のごときものであろう。*

第1世代は、いわば、れい明期である。この時期は、1950年のユニバックIの完成によって、アルファベットの導入が行なわれたとはいふものの、主として機械語によるコーディング、あるいは、機械語とほとんど同等の、基本的なシンボリックアセンブラによるコーディングの時代であった。したがって、この時期には、特別の才能をもった人々だけが、コーディングを行なえると、一般に考えられていたようである。今日、このようなことは、ソ連の一部で行なわれているに過ぎない。

第3-1図

世 代	時 期	ハードウェアの特徴		ソフトウェアの特徴	
I	1944～ 1954	継 電 器 真 空 管	演 算 機 構 の 発 達	機 械 語 か ら シンボリックへ	技 術 計 算 中 心
II	1955～ 1963	パラメトロン トランジスタ	入 出 力 機 器 の 発 達	コンパイラの 完 成	事 務 処 理 の 発 達
III	1964～ 1971?	I C 化	機器の多様化 記憶装置の発達	O S の 発 達	情 報 処 理 と し て の 統 合
IV	1972?～	L S I ?	システム規模の 拡 大	応 用 ソ フ ト ウエアの発達	綜 合 的 発 展

しかし、この時期でも、一部では、今日のコンパイラの源流となるべきものが、模索されていたことは、一つの特記すべきものである。

第2世代といわれる時期は、^{**}パラメトロンや、トランジスタが登場し、また、入出力装置の性能が向上し、安定で良好なサービスを期待できるようになった時期である。

* 他にも、世代について、記したものがある。

松谷泰行：日科技連発行、第1回データ処理プログラム入門コーステキスト(1968-8)

** たとえば、IBM 701(1953)、IBM 650(1954)からIBM 704(1955)へ移
っところをその始めと考える。

参考資料：電子計算機ハンドブック pp168～(事務管理1968-11)

ハードウェアの安定と、市場の拡大にともなって、ソフトウェアの技術にも、大きな革新が行なわれ、基本的な技術が、一応の完成を見た時期であると考えられる。

すなわち、この時期の前半に、シンボリックコーディングの技術の実用化と、コンパイラの開発とが成功し、また、各種のサービスプログラムも整備され、ハードウェアを有効に利用するための管理プログラムの源流が生まれている。

第2世代に入って、計算機の普及は、いちじるしいものとなり、応用ソフトウェアの開発も、あちこちで行なわれるようになった。

すでに、第1世代の時期に、各種の応用に対応して、プログラムの汎用化とその蓄積の努力とが見られるが、第2世代に入って、プログラムを書くという手間が、いわゆる自動プログラミングの完成とともに、かなりの程度、軽減されるようになったため、応用ソフトウェアのあり方も、大きな変化が見られるようになった。

プログラムが簡単に書けるようになったため、かつては大切に保管されていたプログラムの多くは、保管の必要がなくなった。その代りに、より使いやすいプログラムを書くことの重要性が強調されるようになった。

たとえば、L P (リニャプログラミング) についていえば、L P の処理の、もっとも中核的な部分のプログラムだけが、第1世代においては保管されており、すべて、そのプログラムを使うために、いわゆる前処理と後処理のプログラムを、場合に応じて作るという習慣があったが、その前処理、後処理の部分の少ないプログラム、すなわち、より問題向きに作られ、システムとして完成したプログラムが、応用ソフトウェアとして、望ましいものであるという考え方が、具体的に、普及した。この趣向を、仮に、インスタント利用への傾向とよぶことにする。

別の傾向としては、問題ごとに、問題向きの言語を開発して、いわば、術語によるプログラミングを可能とする傾向が生まれてきた。たとえば、シミュレーション関係の、G P S S や、SIMSCRIPT などは、その典型的なものである。このように、新しい応用のためのプログラミングのために、汎用言語で記述せず、新しい特別な言語を作ってから、その言語で、その応用プログラムを記述しようという傾向を、術語開発の傾向とよぶことにする。

第3の傾向としては、その応用分野を標準化した手法によって、ある程度、割り切ってゆこうとする傾向がある。

これは、インスタント利用の傾向と、術語開発の傾向に、つながるものであるが、たとえば、IBM社が開発したR P G (レポートプログラムジェネレータ) のような、簡単な内容で、利用範囲の広い、応用分野のプログラムを、いくつかのパラメタの内容を規定するだけで、自動

的に作り出そうとするものであって、ある限定された、標準的な使い方の範囲で満足する限りきわめて便利なものであるということが出来る。これを、手法の標準化傾向とよぶことにする。

第2世代は、いわば、基本的なソフトウェアが一応完成した時期であるが、たとえば、COBOLについていえば、1964年頃に米国での普及率は、数%以下であったと考えられる。それが、アセンブラに代って、広く使われるようになったのは、やはり第3世代に入ってからのものであり、第3世代は、基本的なソフトウェアが、常識化し、普及してきた時期であると、いうことができる。

しかし、第3世代を特徴づけるものは、新しい概念である。オペレーティングシステム(OS)の登場であろう。

ハードウェアを、効率よく働かせるための、ソフトウェアは、すでに、第2世代においても、たとえば、IBM7090 などにおいて、その先駆が見られるが、その重要性は、ハードウェアの価値が増したことによって、いよいよ大きくなった。

計算機の時間は、目的とする情報処理のために消費される部分と、その情報処理を行なうために、用意されたプログラムを制御し、ハードウェアを管理し、また、連続的に情報処理を行なわせるための準備を行ない、必要なメッセージを操作者の発信に従ってシステムを制御し、もし、エラーが発生すれば、あらかじめ定めたルールに従った処置も行なうなど、いろいろの間接的な消費時間の部分、すなわち、オーバーヘッドとよばれる部分とに分かれる。この他、いわゆる、あそびの時間もあるが、その多くは、入出力装置の情報の出し入れのための、待合せ時間である。

計算機の性能が上昇しても、オーバーヘッドの割合が高くなるならば、情報処理の能力としては、上昇分が意外に小さいという結果になる。たとえば、これまで10分かかっていたジョブが100倍の速度である。6秒で処理できるようになったとする。かつてのオーバーヘッドを30秒とすれば、新しいオーバーヘッドを0.3秒に押さえきれないで、仮に0.6秒になってしまったとすると、全体の効率としては、9.5倍程度になったということになる。

オーバーヘッドの中には、人間に頼る部分もあるが、その場合は、計算機が100倍の能力になっても、旧のままである。そこで、人間に頼る部分は、できるだけ影響の小さな部分におさえおかねばならない。

このような点は、計算機の性能と、人間の能力とのギャップの増大とともに、ますます、重要性を増すから、ハードウェアと、情報処理を目的とするプログラム(処理プログラム)とを効率よく管理するためのプログラム(管理プログラム)が、第3世代の一つの中心問題となっ

たのは、当然であろう。

OSは、管理プログラムの下に、各種の処理プログラムとハードウェアとが統括される形である。もちろん、オペレーターとシステムとの通信、オペレーションの節約などの配慮がなされていることは、いりまでもない。OSは、システムの使い方に応じて、何種類の種類が考えられている。バッチ処理専用のOS、リアルタイム処理専用のOS、TSS用のOS、これらのものを組合せることを予定したOSなど。

第3世代は、コンパイラが普及した時期であることは、すでにのべた。普及とともに、何種類のコンパイラが、同じハードウェアのために作られるようになった。

コンパイラには、その特長となるべき性質が少くとも6つ以上ある。

- (1) コンパイル速度
- (2) オブジェクトプログラムの効率
- (3) コンパイラの大きさ、とくに、それが占める主記憶領域
- (4) 言語仕様の大きさ
- (5) 再入可能性 (Reentrant) または再使用可能性 (Reusable) への配慮。たとえば、コンパイラ自体の配慮の問題と、オブジェクトプログラムに対する配慮。
- (6) コンパイルの仕方として、バッチ的なコンパイルと、会話的なコンパイラの問題。

これらの性質は、相互に関係があり、どれも最良のものを求めることはできない。そこで、いろいろの場合を想定して、各種のコンパイルを提供することが、行なわれている。

第3世代においては、サービスプログラムの充実と、その体系化が行なわれている。デバッグ用のルーチンを、数種用意すれば事足りた時期は、すでに過ぎてしまって、現在は、それを充分の適応能力をもった、デバッグシステムへと体系化しなければならない。何種類かの分類併合プログラムを用意すればよいということでは、ユーザーが満足しなくなり、与えられたデータの構造、量、使用するハードウェアの特性などの条件によって、最良と考えられるルーチンを引き出したり、生成したりするような、分類併合処理システムへと体系化しなければならない。

この傾向は、まだ、始まったばかりであるので、おそらく、次の世代で完成するであろう。これを体系化の傾向とよぶことにする。

応用ソフトウェアについては、どうであろうか？すでに、第2世代において見られていた3つの傾向、すなわち、インスタント利用への傾向、術語開発の傾向、手法の標準化傾向は、ますます、その傾斜を強めている。

応用ソフトウェアの中には、数学的な技術を基礎にしているものも多く、たとえば、整数計画法 (Integer LP)、混合計画法 (mixed integer LP) などをはじめとして、種々の計画法については、まだ、充分な解決のないものが多くあり、これからは、数学的な研究とプログラムによる実験とが、並行して進められている段階である。

これに対して、個々のプログラムを作ること自体は、容易であるが、汎用的なシステムとしてまとめあげることの困難なもの、たとえば、生産計画、在庫管理、予算編成などの分野で体系化とインスタント利用の研究が進んでいる。

ディスプレイ・マイクロフィルム・マイクロフィッシュプリンタ、漢字プリンタなどを例とする新入出力装置の利用方法についての応用ソフトウェア、新しいファイル記憶装置などについても、この1～2年で急速な進展が行なわれている。

教育への応用などについて、CAI (Computer Assisted Instruction) システムを構成するためのプログラムの研究、そのプログラムを書くための新言語の研究なども始められている。

第3世代に入って、活発になってきた研究の一つは、ソフトウェア開発技術の研究であり、ソフトウェア開発のためのソフトウェアの研究、開発が行なわれている。

これらについては、後でくわしくのべる。これらは、直接ユーザーに関係ない部分でのソフトウェアという点で、第2世代には、あまり注目されなかった。

最後に、ソフトウェアの標準化であるが、発展途上の技術であるだけに、その標準化については、何が望ましいものであり、何が困難な点であるか、という点について、明確な認識が必要である。ソフトウェアの多様性は、ソフトウェアの標準化が増したことで、ソフトウェアとデータとの互換性の重要性を増したことによって、第3世代の重要なテーマになりつつある。

3・2 第4世代ソフトウェアの概要

ソフトウェアに限らず、すべての技術分野においては、長期の予測は、「どうなるか」ではなく、「どうするか」という方針として行なわれるべきであろう。しかし、数年先の予測としては、現在までの傾向が、そのまま持続するものとして、その延長上を予測の解答とするのが妥当である。

このような観点から、第4世代のソフトウェアを予想し、それを概括的に調べてみることにする。

なお、この予想の確度を、少しでも高めるために、別紙のようなアンケートを、全国ユーザー協議会

にお願いし、177通の回答を得た。ここに、同協議会のご協力を感謝するとともに、アンケートの集計結果については、次節にご報告する。

3・2・1 ユーザーが期待するソフトウェアについて

前述のように、ソフトウェアについての、アンケートを第3-1図のような形式でお願いした。

この問1は、メーカーに期待するソフトウェアの種類を、ユーザーがどのように考えているかを、しらべたいと思ったもので、メーカーが当然供給すべきであると考えられるものは○、ユーザーが多少手直しすると考えられるものは△をつけ、このいずれでもないものは、空白とするように、お願いした。

集計の結果は、第3-2表のようになった。

これをみると、コンパイラ、ソートマージのほか、各種言語間のトランスレータなどは当然メーカー供給であるべきだと考えられていることがわかる。また、APT システムなども、約7分の1のユーザーが、メーカー供給すべきであると考えており、全体として、かなりの期待を、メーカーによせているということがわかった。

問2は、4つのコンパイラについてどれを重視するかを聞いたものであるが、この結果は、COBOLが第1で、以下、PL/I, FORTRAN となった。

これは、事務処理部門がユーザーの大きい割合を占めていること、FORTRANとALGOLが競合していることから、当然とみてよい結果である。なお、見やすさのため、第3-3表では、1位を4点、2位を3点、3位を2点、4位を1点として、ウエイトづけて集計した結果を、点数として出しておいた。

問3は、コンパイラの4つの性格についてどれを重視するか、また、それらの、それぞれを強調したコンパイラを供給すべきか、それとも、大体において4つの満足するものを供給すべきかをきいたものである。

この後者は、第3-4表に集計したが、問のきき方が、はっきりしていなかったためか、ユーザー意見は、2つに分れた形となった。

この前者については、第3-5表に集計したが、オブジェクトの効率を重視するユーザーが圧倒的で、次に言語の機能であった。コンパイル速度や、コンパイラの大きさなどは、下位になった。これも、問2と同様のウエイトをつけて集計した。

第3-1.図

- 1 次のプログラムの中で、メーカーが当然供給すべきであると考えられるものは○、またメーカーが供給すべきであるが、ユーザー側で多少の手直しをすることを考えるものは△をつけて下さい。(このいずれも該当しないものは、何のしるしもつけないで置いて下さい。)
なお、主として言語プロセスと応用ソフトウェアに関して、下記以外で、メーカーが供給すべきであると考えられるものがありましたら、余白にお書きをお願いします。

- | | |
|-------------------------|------------------------------|
| • PL/Iコンパイラ | • ソートマージプログラム |
| • FORTRAN コンパイラ | • 科学技術計算ライブラリ |
| • ALGOLコンパイラ | • 経済モデル分析プログラム(統計計算ライブラリを含む) |
| • COBOLコンパイラ | • リニャプログラム |
| • RPG (レポートプログラムジェネレータ) | • PERTプログラム |
| • 会話型コンパイラ | • 旧式計算機プログラムを利用するためのシミュレータ |
| • 会話型アセンブラ | • 情報検索用プログラム |
| • 各種言語間のトランスレータ | • 文書編集用プログラム |
| • シミュレーション言語コンパイラ | • 汎用在庫管理プログラム |
| • 予測用言語コンパイラ | • 汎用生産管理プログラム |
| • リストプロセッシングのための言語コンパイラ | • 汎用データ変換プログラム |
| • 図形処理用言語プロセッサ | • 設備投資計画プログラム |
| • フローチャートの自動作成用プログラム | • APTシステム |
| | • 土木建築用設計プログラム |

- 2 次の4種のコンパイラについて、5年～7年後に、最も良く思うと思われるものから、順に、最も使わないと思われるものまで、 の中に順位を1, 2, 3, 4と記入して下さい。(最も良く使うものを1とする。)もし差がなければ、たとえば1, 2, 3, 4というように、記入して下さい。

ALGOL, COBOL, FORTRAN, PR/I

3. コンパイラの特長として a) コンパイル速度が速い b) オブジェクトの効率がよい
c) コンパイラのコア占有領域が小さい d) 言葉の機能が大きい という4点を考えます。
(問1) 上記4つの性質を、大体において満足するコンパイラを1種供給してもらうことと、
どれかに重点をおいたコンパイラを何種か供給してもらうことと、どちらがのぞましいですか。
(答) (一種だけ 何種か)を供給してもらいたい。
(問2) 上記4つの性質の内、最も重要なものから1, 2, 3, 4と順をつけて下さい。(最も重要なものを1とする。)もし差をつけられなければ、たとえば1, 2, 3, 4というように記入して下さい。

性質aの順位は , 性質bの順位は , 性質cの順位は
性質dの順位は

第3-2表

	○	△	—
PL/Iコンパイラ	155人	2人	20人
FORTRANコンパイラ	166		11
ALGOLコンパイラ	149	1	27
COBOLコンパイラ	167	4	6
RPG (リポートプログラムジェネレータ)	114	14	16
会話型コンパイラ	93	13	71
会話型アセンブラ	71	12	94
各種言語間のトランスレータ	121	28	28
シミュレーション言語コンパイラ	94	32	51
予測用言語コンパイラ	76	36	65
リストプロセッシングのためのコンパイラ	55	25	97
図形処理用言語プロセッサ	74	18	85
フローチャートの自動作成用プログラム	79	33	65
ソーマージプログラム	144	20	13
科学技術計算ライブラリ	87	51	39
経済モデル分析プログラム 統計計算ライブラリを含む	44	90	43
リニャプログラム	81	52	44
PURTプログラム	81	59	37
旧式計算機プログラムを利用するためのシミュレータ	56	15	106
情報検索用プログラム	40	92	45
文書編集用プログラム	15	59	103
汎用在庫監理プログラム	20	95	62
汎用生産管理プログラム	15	78	84
汎用データ変換プログラム	38	70	69
設備投資計画プログラム	12	82	83
AFTシステム	29	25	123
土木建築設計プログラム	11	37	129

第3-3表

	1	2	3	4		点 数
ALGOL	1人	10人	34人	120人	12人	222
COBOL	79	49	35	4	10	537
FORTRAN	27	71	63	7	9	454
PL/1	73	33	33	29	9	486

第3-4表

一種だけ	77人
何種か	89
	11

第3-5表

	1	2	3	4		点 数
コンパイル速度が早い	29人	41人	46人	55人	6人	386
オブジェクトの効率がよい	79	57	24	11	6	546
オブライタのコア占領域が小さい	26	35	48	62	6	367
言語の機能が大きい	58	41	41	31	6	468

3・2・2 第4世代のソフトウェアの傾向と問題

現在のソフトウェアのもっている傾向が、ほとんどそのまま、第4世代においても引きつがれるものと考え、次のような傾向が見られるであろう。

3・2・2・1 汎用言語

汎用言語は、現在4種が使われている。このいずれも5年～10年の歴史をもっており、したがって、あと5～7年の内に、もし追加される言語があるとしても高々1種であろう。PL/Iは、コンパイラの良いものができれば、かなり普及するであろう。これは、COBOLの普及を妨げた一因が、効率の悪い初期のコンパイラであったと考えられる点からも推定できる。また、会話型の汎用言語としても使えること、第4世代のソフトウェアのための作業用言語となる可能性などを考えると、粗くいって、IBM社の現行シェアの50%、すなわち30～35%のユーザーが、PL/Iを部分的に使用するのではないかと考えられる。

FORTRANは、その言語的制約にもかかわらず、かなりのシェアをもつであろう。技術計算の80%以上が、依然としてFORTRANで書かれ、のこり20%を、PL/IとALGOLとで分けることになる。ALGOLは、IBM社でも提供を始めたけれども、そのシェアは、ますます少なくなると思われる。

COBOLは、汎用言語による事務処理の70～80%を占めることになるであろう。ユーザーで、アセンブラでプログラムする所は、めったに見られぬことになるであろう。

3・2・2・2 会話型汎用言語

会話型汎用言語としては、いわゆる汎用言語をベースにしたものが有力になるであろう。そう考えると、PL/Iと、FORTRANをベースにしたものが、有力な候補になると考えられる。(COBOLは、その言語の性質上、会話型言語として不向きである。)

しかし、会話型言語は、提案されている種類が多いことと、そのどれをとっても、決定的だと思われるものがないことなどから、果して統一的な言語が生まれるかどうか疑念もある。

会話型の場合は、それを用いて表現すべき内容が単純なことが多く、また、汎用言語をベースにしている場合や、単純な表現法だけを認めている場合には、言語の習得が容易であるから、いろいろの言語が提案されても、それをこなすことに無理が少ない。更に、完成したプログラムを、新型機に適用するために必要とされる。いわゆる、リプログラミングの問題は、バッチ処理においては、重要なテーマであるけれども、会話型言語については、まだ、その歴史が新しいために、さして問題とはなっていない。

これらの理由は、すべて統一的言語が、生まれないことを支持するが、1952年ごろの動き

が、1958年ごろにFORTRANとして成立したことを考えると、やはり、統一的言語が生まれてくる可能性も強いと思われる。

言語は、その仕様が良いかどうかだけで、その普及がきまるものではなく、どれだけの金と人と時間を投入して、そのコスパイラ作成と言語普及の努力をしたかということの方が、より重要である。

言語としては、BASICのような簡単なものが有力な統一候補であるが、汎用言語と併用できるものも、他の有力な統一候補となる。

3・2・2・3 特殊言語

LISPのように汎用性の強い言語で、コンパイラの効率などの点で、ユーザー用の汎用プログラムに昇格しないものを除くと、いわゆる汎用言語以外の言語は、何かの応用分野のための言語である。応用種別を数えると、1968年ですでに2000種になっているといわれ、したがって、作ろうと考えれば、いくらでも多くの言語を作れることになる。事実、これまで、特殊言語の種類は増える一方であったし、今後も増えつづけるであろう。

特殊言語の中には、特に会話型に適した言語も含められる。RPGに代表される。パラメトリックな情報だけを与えれば、プログラムが構成（または生成）されるような形の言語も、今後有望な特殊言語の、一グループである。

いわゆるビジネス用のデータ処理は、現在我国で、全情報処理の85%、米国で70%といわれている。5年後には、わが国においても70%近くに低下するであろう。このプログラムの大部分は、現在COBOLで生産されているが、将来もその形であるかどうかは疑問である。現在の小型機に見られるような、手法の標準化の傾向が、大型機においては特殊言語の開発となって表われてくるであろう。たとえば、米国のあるソフトウェア会社^{*}が製作した事務用の特殊言語“MARK IV”は、COBOLとくらべて10倍の高速処理ができ、プログラミングの手間も、全然問題にならないといわれる。このような、パラメトリックなジェネレータ形式のソフトウェアは、5～7年後には、現在よりも、もっと一般に普及しているに違いない。

3・2・2・4 特殊ハードウェアむきの言語

汎用のハードウェアを、特定の分野に利用する場合の、特殊言語が重要であることを、前節では述べた。別の場合、つまり、特殊のハードウェアを巧妙に使うための、特別なソフトウェアも重要である。応用という観点からすると、必要ならば特別なハードウェアを計算機に連動

* Informatics Inc.

したというだけのことで、本質は、前節と何ら変わるところがないが、便宜上、ここで、特殊なハードウェアを利用する応用に触れることにする。

特殊なハードウェアとしては、現在の感覚で特殊と考えているが、5～7年後には、一般的なハードウェアと見なされうるもの、たとえば、図形あるいは特殊文字の、読取りあるいはプリント、表示などの機器、マイクロフィルムやマイクロフィッシュ用の、読取りあるいはプリント機器などもあるが、あきらかに特定の機器に対する制御装置、あるいは、測定装置がその中心であると考えられる。中には電子計算機と連動させるために、いろいろの工夫をした機器があるが、本質的には、人間の監視または制御のときに使われたものと、変わっていないと思われる。

これらのすべてをつくることは無論できない。また、現在すでに計算機と連動していないものでも、5～7年後には、かなりのものが連動可能となり、また、経済的にも引合うものになるであろう。

二、三の例をあげよう。たとえば、工作機械の制御装置などは、すでに現在でも実用の域に入っており、また、石油精製プラントにおいては、石油の需要報告と、原油の入荷状況などをLPで解析し、最適の生産計画を毎日、精製機械にオンラインで指示することも、米国では行なわれており、すでに無人工場の感を与えている。

鉄鋼の平炉の制御、航空機の自動発着陸、X線による結晶解析の自動化など、多様な応分野が技術的に解決されつつある。

また、ゲームについても、たとえばケルン大学では“ロビイ”とよばれるヒューリスティックなプログラムを内蔵したシステムの開発研究が行なわれており、かなりの成果をおさめているとも伝えられているが、このようなヒューリスティックなプログラムが、新しい機器の連動に関して、より深く研究されてゆくことは確実である。

測定と制御の問題について、人間にとって危険な職場、たとえば放射能、毒性ガス、あるいは爆発の可能性のあること、超高温、超高温、超低温、極めて強い臭気、酸素の不足、その他の悪環境から人間を解放し、機械の手によって安定な作業をする問題がある。その他、人間がもはや、ついていけないほどの敏速な判断、反応、あるいは大量の情報を消化し、大量の場所に指示を送るなどの、いわば人間の機械的な限界をカバーすることについての問題もある。

また、逆に、人間が最も得意とする部分、たとえば、パターン認識、規定できない状態の認識、処置の判断などを、最も人間に適した方法で、機械的制御系の中に、とり入れてゆく方式についての問題もある。

これらの問題は、まだ、現段階では、手さぐりの域を出ていないが、次の世代においては、かなり見通しをよくする理論、あるいは実験的な成果などが出てくるものと思われる。

3・2・2・5 管理プログラム（一般）

管理プログラムが、ハードウェア管理、データ管理、タスク管理、ジョブ管理という形に整理されたのは第3世代に入ってからである。これでも、TSS関係の管理プログラムを考えると、再編成の必要性も考えられる。

管理プログラムについても、コンパイラなどと同じく、いくつかの要点がある。たとえば、

- a 管理のためのオーバーヘッドが小さいこと。
- b 管理のサービスがゆきとどいていること。
- c 管理プログラムの大きさ、特に、それが占める主記憶領域が小さいこと。
- d 管理範囲が広く、いろいろの使い方に対処できること。
- e 管理条件の指示方法が簡単で、できれば、何も指示しなくても、適切な管理を行なえること。

これらの各条件は、やはり、ある程度まで、互に矛盾しており、それを解決するために、現在、次の3つの方法が行なわれている。

a システムジェネレーション

基本となる汎用のシステムを開発しておいて、現実のハードウェア機器構成や、ユーザーの使い方に応じて、システムを編集、生成、変更して、目的に応じたシステムを作り出す方法。

b デフォルトルールの設定

基本となる使い方を設定し、何も指示を与えなければ、その使い方で使われるというルール。この考え方は、広く用いられている。

c 目的物のシステムの設計

システムジェネレーションは、実際に行なわれているが、やはり、小規模の管理プログラムと大規模のそれとは、かなり異なるし、またたとえばFORTRANだけの連続処理を企図した、バッチ用の管理プログラムと、TSS用の管理プログラムとでも、全然違ったシステムだと考える方がよい。

そこで磁気テープ中心のバッチ用のOS(TOS)、磁気ディスク中心のバッチ用のOS(DOS) TSSもバッチも行なえる汎用のOS(OS)、最も単純な、連続バッチ処理用のOS(PCP)などの区別が、IBMの現行の管理プログラムにも見うけられる。

以上3つの方法は、多くの場合、併用されている。5～7年後になっても、このことは変ら

ないと思われる。

しかし、システムジェネレーションの方法は、現在よりも、もっと拡張されるであろう。現在、このジェネレーションのために、数時間の計算機時間を使うために、必要なシステムが何種もある場合は、あらかじめ、それらをジェネレートしておいて、それをファイルに入れておく必要があり、したがって、ファイルの量と、OSの切替え時間の制約をうけており、また、各種の管理プログラム間、データや処理プログラムの扱い方が異なるための不都合もあったけれども、第4世代のシステムでは、これらの問題点をなくすために、次のような方法がとられるであろう。

a 今よりも、もっと、ユーザーの意向を入れやすいような、システムジェネレーションを
実行できるようにする。

b システムジェネレーションを2段階にして、たとえば、半製品と、その再加工という
考え方を採用し、ダイナミックなジェネレーションを可能にする。

デフォルトルールの採用は、今後も行なわれるが、現在、一度きめたルールは、なかなか変更できない。その理由は、プログラム上の制約と、使う人間の教育上の制約（つまり、人間は、なかなか、ものを覚えにくくまた、一度、習慣になったことから、なかなか脱却できない）という点である。

プログラム上の問題は解決できるが、人間の問題は難かしいので、今後は、全体のユーザーに対するデフォルトルールとは別に、ユーザーのローカルな影響範囲内で、任意にデフォルトルールを設定することの可能性が与えられ、そのような形で、ユーザーの個人的な要求を満たすことになると思われる。これは、乱用すると、新しい障害になる点、注意が肝要である。

この手法は、すでに、いわゆるカタログ手続きとして知られている手法によって、実現は可能であるが、経済的に可能かどうか、無用の混乱を生じないかどうかについて、5～7年後における解決を要する問題である。

個々の管理プログラムを、何種も作るということは、おそらく、やめるわけにはゆくまいと考えられる。むしろ、情報交換の必要のあるユーザー同士で、交換情報のインタフェースを合わせることを行ないながら、管理プログラムそのものは、まったく別の、そのユーザーごとに最適のプログラムによって構成されているという形が、5～7年後の、管理プログラムの形ではないかと、考えられる。

現在の管理プログラムは、タスクあるいはジョブが中心となっている感が強いが、第2世代のI/OCSが、今日の倍う大な、データ管理に成長したという傾向と、将来、ますます重要と

なる互換性の問題とを考え合わせると、第4世代の管理プログラムは、データ管理が中心となるものと考えられる。

データ管理の部分は、ユーザーが使うデータの件数、データの構造、データの種類、使用頻度、使用方式(Read, Write, Delete, Append, Execute) など、現実の条件によって、最適性が変動する。したがって、データ管理の方式自体も、ユーザーの使い方を調査して、ヒューリスティックに変更してゆくことも検討されねばならない。この調査のために余分のオーバーヘッドがかかるが、これを考えるべきかどうか、もし調査を行なうべきならば、それをハードウェア化してはどうか、などについて、早期に研究が行なわれ、必要となれば新しいデータ管理が生み出されると思われる。

データ管理と、ハードウェアのファイル・主記憶・レジスタ等の管理とは密接な関係がある。また、プログラムもデータの種類であるから、将来のデータ管理は、今のデータ管理をかなり拡張した、情報管理と名づけるべき、管理プログラムに成長すると思われる。^{*}

3・2・2・6 管理プログラム(通信)

バッチ処理用のシステムは、第4世代になると全体の約50%になり、何らかの関係で通信機構をもつシステムが多くなってくる。

この時点で、特に通信に関する管理プログラムが重要となってくる。

現在の通信手段そのものについては、すでに、技術的にはほとんどの困難を排除できたといえるかもしれない。しかし、TSSという観点から見ると、次のような点が、まだ未解決である。

α オーバヘッドの増大

現在の大型TSSでは、使用者数が増すとマルチプログラミングの効率は急激に低下する。たとえばIBMの一研究所長^{**}は、200の端末を使うとシステムの効率は10%に落ちてしまう例があると述べている。

β 超高速伝送の問題

現在わが国で行なわれている伝送速度の10ないし100倍の伝送路が開発され、活用される必要がある。これは、端末機器として、小型の計算機を考えたり、大型機同士の通信を考えた

^{*} これとともに、データベースを中心とする、情報管理システムという考え方が成長して、そのシステムの一部に、OSが埋没した形も、勢力を得てくるであろう。あるいは、これが将来の管理プログラムの、止揚した形かも知れない。

^{**} M.C. Andrews: チューリッヒ研究所長

りすると、当然のことであるが、この新しい通信の場合の諸問題を解決するには数年間は少くも必要であろう。

c 通信の機密保護

通信された情報が、物理的には共通のファイルに蓄積されることから、ファイルおよび通信の機密保護に難かしい問題を生ずる。

また安全性・信頼度という観点からいっても、いろいろの問題が提起されている。大体解決の方向にあるけれども、問題がないわけではない。

その一つは、これまでは、機密保護の対策は、主としてユーザー端末からの、不心得者に対して考えられていたけれども、5～7年後の問題としては、プログラム作成者や操作者の誤りを犯したり、あるいは、その中から不心得者が発生したりすることも考えておかねばなるまい。

これは、格段に難かしい問題である。

現行の通信システムでは、オペレータが関与する情報量が小さいことと、重要情報を扱う場合には、それなりに特別の処置をとりやすいという利点がある。すべてが自動化すると、極端な中央集権型の通信制御が行なわれているのと同じことであるから、中央での意識的な不正行為や、無意識的な誤りの影響は極めて大きなものとなる。

d ターミナルの問題

5～7年後には、便利なターミナルが多種開発されてくるであろう。必然これらをラインにつなぐときの、物理的なインタフェース、いいかえれば、変復調や、通信制御のための標準化は行なわれるであろうが、情報の実体には、手をつけることは難かしい。

そこで、データの変換という問題が、大きくクローズアップしてくるであろう。

e 診断と自動回復

バッチ処理においても、診断と自動回復は重要な問題であるが、通信系を含む場合は、ローカルな再試行ができないので、更に重要な問題になる。

診断のためにマルチプロセッサにすることが行なわれるかも知れないが、マルチプロセッサにしたための問題も大きい。そこで5～7年後の大型のシステムは、マルチプロセッサシステムについての問題の解決にあるとも考えられる。

また、診断のために、通常の障害記録は勿論、障害として表にでなかったような、トランスミットした障害も、ハードウェアによって記録させ、それを人間や、ヒューリスティックな診断保守プログラムが活用するということも必要になってくるであろう。

f そ の 他

この他、費用の計算などからんで、経済学的な、あるいは政治的な問題もある。またこのような通信システムの規模、効果などが大きくなると、重大な政治的、社会的な問題として、技術面を超えた配慮が必要となり、その配慮を、何らかの形でプログラムの中に具体化する必要がでてくるであろう。

3・2・2・7 応用ソフトウェア

ユーザーが書くプログラムは、まず、最も簡単な、会話型の言語か、あるいは、パラメトリックなジェネレータ(つまり、特殊な言語、たとえばRPG)などによって作られることが多くなるであろう。おそらく、一般の言語によってプログラムすることは少くなり、言語を習ってプログラムするという感覚ではなく、与えられたフォーマットの中に、必要なパラメタを書きこむだけでよいという場合が多くなるであろう。会話型の場合も、あたかも空所に適当な文字数字などをいれればよいという、テスト問題のようになる可能性もある。

したがって、ユーザーは、言語について、未熟なりちからプログラムを作ることにも可能になるであろう。

もちろん、何回も使うプログラムを作ったり、汎用性のある大きなプログラムを作ったりする人は、会話型のFORTRANやPL/Iを使うことになるであろう。

更に本格的なプログラムを組もうということになると、本格的な汎用言語を使うことになるであろう。

小さなプログラムだから特殊の言語で組むということが行なわれるとは限らない。たとえば特殊言語の効率のよさは、汎用言語がなかなか追いつけないから、特定の分野の仕事については、大きなものほど、特殊言語を作って、それでプログラムすべきだということも行なわれるであろう。

そこで、ある程度広い層で使われるということがわかれば、特殊言語が、次から次と生産されることになるであろう。これらは、後に記すように、ソフトウェア会社から、いわゆるカンゾメソフトウェア(canned software)として売り出されることになるであろう。

また、数学的モデルをプログラム化したソフトウェア、たとえば、スケジューリングプログラム、予測用プログラム、数学的プログラミングシステム、経済計画プログラムなどは、内容的に現在よりも発達したものになるとともに、プログラムの構造としても、今よりも、もっとインスタント利用の傾向を打ち出したものになるであろう。

たとえば、LPシステムというようなものは、極端に言えばなくなってしまい、石油産業における生産調整・販売計画システムとか飼料工業における最適生産プログラムなどというよう

に、特定の用法ごとに、プログラムやL Pについての最小の知識で、L Pシステムを利用できるようになるであろう。むしろ少ない知識で利用しようというよりも、利用者の専門知識、たとえば、石油の需要とブレンドの知識、飼料の種類と原材料の関係などの知識をフルに使えるような形で、そのL Pシステムを運用できるようになるであろう。

このように、ソフトウェア側を拡大してゆくことによって、システムへの適合性を高めるといふ傾向とは逆に、システムそのものをソフトウェアに合わせること、あるいは、既製のソフトウェアとシステムとのギャップをうめるためのソフトウェアを製作することは、やはり、つくづくであろう。したがって何でも既製品でというわけにはいかないが、ちょうど、洋服が既製品でほとんど間に合うように、第4世代の応用ソフトウェアは、すぐれた既製品、イージーオーダーの時代になることであろう。

3・2・3 ソフトウェア開発技術

3・2・3・1 作業用言語

ソフトウェアの開発は、ユーザー側については、第3世代までに、かなり整備され、更に第4世代において、一層の進歩が見られると予想される。

システムズソフトウェアについては、第3世代において、はじめて、ハードウェアに依存しないソフトウェア開発用の言語(machine independent language)が開発され、それによって、システムズソフトウェアを記述しようということが試みられている。これは、現段階では、能率の点、すなわち、この種の作業用言語で書かれたシステムズソフトウェアの効率が、アセンブラによって書かれたものにくらべて劣ると考えられているが、第4世代に入ると、オブジェクトの効率を特別に配慮したコンパイラを作ることによって、汎用性のある作業用言語でシステムズソフトウェアを記述するということが行なわれると考えられる。

その結果、一度確立された技術は、確実にプログラムとして保持されることになるので、システムズプログラマーのマンパワーの節約に大きな貢献をするものと考えられる。

3・2・3・2 ソフトウェアのハード化

たとえばマルチプログラミングの場合でも、ミクロに見ると、1つのプロセサは、同時に2つの命令を消化しているわけではない。(アドバンステクニックのことは無視する。)これに対して、ハードウェアの場合には、マクロに見ると順次処理のようでも、ミクロに見るとかなりの同時処理を行なっている。

そこで、ソフトウェアの効率を高める手段としては、ソフトウェアをハード化することが、

もっとも手取り早い方法である。ソフトウェアのハード化の障害は、ハード化されると、システムの初期コストが高くなることと、プログラムのゆうつがなくなってくるということである。とくに、あとから変更することが、ソフトウェアの通例のようにになっている現在では、ハード化は、一般には困難である。

しかし、第3世代においても、ディスプレイ関係のソフトウェアは、短期間のうちに、次から次にハード化された。^{*}これは、きわめて短い時間(33 ms)に、基本の操作をすべて処理するという至上命令があったために、他の障害を無視してハード化が行なわれたものである。

しかし、同様なことは他の応用ソフトでも発生するであろうし、また、絶対的な時間的制約がない場合でも、時間の節約は大きなメリットであるから、ソフトウェアのハード化の可能性は、常に検討されるにちがいない。しかも、第4世代においては、ハードウェアのコストの低減が期待されており、OSの中心部分は必ずハードウェア化されると考えられる。

3・2・3・3 デバッグングの手法

デバッグングが困難とされる理由は、どういうテストをすればよいか、あるテストを行ったときに、期待される正しい解はどんなものか、もし正しい解でないものがでたら、どのように処置すべきか、という問題が、あまり明らかでないためである。

第4世代においては、テスト用の情報、テストの方式、誤りの原因を速やかにつきとめるための道具、誤りを起しにくいような作業方式などが考え出されて、デバッグングについては、かなり改善された状態をもたらすと期待される。

テスト用の情報を、どのように集めたらよいかという問題は、これまでは、あまりにも個々のプログラム間で相異があったため、解決への方向が困難であったが、今後は、汎用性のある、したがって、テスト情報として何を用意すべきかをきめにくいものについては、標準問題、標準データが整備されてくる見込みがある。また、特殊な分野の応用ソフトウェアについては、問題を単純化して、テストしやすいものにもってゆくことが行なわれる。そして、プログラムを結合したときに、何をテストすべきかという点で、新しい研究が進むであろう。

会話型のプログラム作成方法が進歩すると誤まりのチェックは容易になり、また、いわゆる不注意によるエラーは、計算機側によって検出されるようになるであろう。この結果、プログラムの誤りは、おかしにくくなる。一方、プログラム開発手順についても、整備されてゆき、

* CACM June, 1968 (vol 11. NO. 6)

On the design of display processors
T. H. Myer, I. E. Southerland

プログラム仕様を明確に記述する方法が確立すれば、与えられたプログラムが、その仕様と合致しているかどうかのチェックを、かなり自動的に調べることができるであろう。これは、プログラムの自動開発の一手手前である。

なお、デバッグを経済的に行なうために、昔おこなわれたオープンショップは、これを排除し、クローズドショップまたは、TSSモードでデバッグするのがよいが、この場合の問題点、とくに、プログラマーの立場からの要求を満足させるようなデバッグシステムが、提供されるようになるであろう。

デバッグについては、これまでは、ただやみくもに、仕様とプログラムとテストデータとの関係を、つづいていた感があるが、プログラムが、どのようなアルゴリズムによって作られているかということ、をはっきりと意識した、新しいデバッグの方法が行なわれるようになるであろう。

3・2・3・4 コンパイラコンパイラなど

ソフトウェアの自動作成の研究として、たとえばコンパイラについて、コンパイラコンパイラの研究が行なわれている。これが、どの位、みのり多い成果をあげるかについては、まだ、はっきりした見通しはないが、第4世代のうちに、その結論がでると思われる。

ソフトウェア制作上、欠くことのできない文書化の問題は、たとえば、プログラムからフローチャートを自動的に作り出すこと、プログラムの説明書の自動編集、プログラムデバッグ用のテスト情報の自動生成と管理、プログラム試験の自動化と、記録の自動化、プログラムの部分修正の自動化、などの機械化手法の開発によって、大きく改善されるが、この内、簡単なものは、第3世代のうちに実用化され、やがてディスプレイ装置や漢字プリンタなどの新しい入出力装置の実用化と並行して、第4世代において次々と試作され、完成されてゆくものと考えられる。

3・2・4 ソフトウェア制作者

ソフトウェアの供給者としての、ハードウェアメーカーの負担は、今後ふえることはあっても減ることはないであろう。

およそ汎用性のあるソフトウェアは、ことごとく、ハードウェアメーカーが提供してきた実績があるので、第4世代になっても、そのサービスを続けなければゆかないであろう。

しかし、ハードウェアだけの計算機を買いたいという意見、または、一部のソフトウェアのサービスを不要だとするユーザーの意見が、もし強くなり、次第に一般的な意見になるよう

あれば、あるいは、一部または全部のシステムプログラムを供給しない代わりに、少し安くハードウェアを供給することもありうるであろう。

実際に、このような試みをした例もあったけれども、ソフトウェアは、一度開発をすると、そのコピーを作り保守をしてゆく手間は開発の手間とくらべると、かなり安いから、一部のユーザーだけに、ソフトウェアなしでハードウェアを安く提供するということは、いうべくして行ないがたい。(あまり安くならない)

ある種のソフトウェアを全然開発しないで済ます代わりに、安い費用で、効率の低いものを用意しておくことも考えられるが、ソフトウェアを、販売の重要なポイントにおく傾向からすると、そのようなものは、あまり受け入れられないであろう。

汎用性のあるもので、メーカーが供給しないことを宣言できる可能性のあるものは、たとえば、FORTRAN を供給する代りにALGOL を供給しないこと、などのように、何かの代替機能がすでに供給できる場合である。

応用ソフトウェアについては、ユーザー側で要求の小さいうちに、メーカー側が、有償提供、または提供しないことを宣言しない限り、実績が作られてゆけば、供給しないわけにはゆかなくなるであろう。しかし、特別な分野の応用ソフトウェアについて、メーカー側の有償提供という宣言が行なわれることは充分に考えられる。その場合、メーカーの足並みがどうそうかに問題もあるが、もし、その宣言がユーザーの認める所となれば、新しい関係が生まれることになる。このようなことがないとしても、将来、ユーザー側の負担は、どうなるかといえは、ユーザーが自分の費用で作るべきソフトウェアの質も量も、ますます大きくなるであろう。たとえば、汎用言語の価値は、いわば、伝家の宝刀のようなものになり、通常は、もっと効率のよいシステムで組むべきであるということが、はっきりしてくれば、そのようなシステムを開発するか、買うかする必要がでてくる。

メーカー提供のソフトウェアを、今でも、全然手を加えずに使っているユーザーは、大ユーザーの中には少ないであろうが、その傾向は、むしろ強まってくる。

そこで、ユーザー側で準備すべきソフトウェア、ユーザーが準備すれば、それだけユーザーの利益になるソフトウェアの種類が多くなる。

ユーザーは自分で開発したソフトウェアを何らかの手段で、ソフトウェアの市場に出して販売しようとするようになる。

一方、ソフトウェア会社はユーザーから開発を委託されたり、または、需要を見こして開発をすすめることに力を入れるようになる。現在は、ソフトウェアの市場が小さく、したがって

需要予測が困難であり、しかも投資金額が大きいから、ソフトウェア会社が、自費で研究開発をすることは、ほとんど行なわれていない。むしろユーザーからの委託で開発したものに手を加えたり、すでにどこかで作ったソフトウェアに手を加えたりして、それを一般に販売しようという例がかなり増えている。

ソフトウェア会社は、計算機時間を売ることも兼ねているので、計算機時間販売に寄与するようなソフトウェアについては、自費で開発することも行なわれているし、今後も増えると思われる。

現在、ソフトウェアの市場は小さく、また市場の紹介も、ソフトウェア会社の販売努力や、一、二の雑誌による連絡、大学・研究所の季報などに頼っているが、次第に、その規模は大きくなり、また、ソフトウェアの紹介についても、現在の文献紹介業のような形で行なわれる可能性がある。

5～7年後の、ソフトウェア関係の市場は、わが国においても、現在の米国なみになる可能性がある。

わが国においては、小型機が、大部分の台数を占めている関係から、今日の米国に見られるような発達には、難かしいとする向きもあるが、ソフトウェア技術者の効果的な利用という観点からいっても、メーカーの技術者は別として、ユーザー側の技術者が、自社のための個有ソフトウェアの生産に従事するよりも、ソフトウェア会社を通じて、その技術を広く社会に提供しようとする可能性は大きい。

3・2・5 ソフトウェア標準化

3・2・5・1 標準化の動向

FORTRAN, ALGOL については、すでに JIS が制定され、流れ図用の記号とその用法や、COBOLなどの JIS も、近く制定の気運にある。

PL/I についての JIS も、3～4年のうちに制定される可能性は考えられる。こうして汎用言語の言語仕様の標準は制定されると、実際に、それに準拠したコンパイラがどれだけ作られるかということが問題になる。これはメーカー、ユーザーの考え方と政府の指導方針によって、きまってくる問題である。しかしおそかれ早かれ、JIS と現実との一致が見られるようになることは、明らかである。

汎用言語以外で重要なものは、会話型の言語、会話方式の制御で用いられるコマンド、管理プログラムへの指示となる。ジョブ制御言語などがあるが、これらは歴史が浅いだけに発展の

途上にあり、下手にきめるわけにも行かないが、操作の仕方に関することが多いから、標準化できれば要員教育上などの効果が大きい。これらの標準化がJIS化へつながる動きになるためには、少くとも3年間の時間がかかるであろう。この種の問題については、何を、どこまで、どのように標準化するかを検討し、そして、標準化した内容を、現実の普及へと持ってゆくための、具体的な施策が必要である。

一方、TSSサービスが、わが国においても始められると、最初に、大規模にスタートするサービスの方式が、そのまま定着して、一つの標準になる可能性がある。

TSSサービスについての標準方式のあり方については、米国などの例を充分調査し、いかにあるべきかを慎重に検討して、最ものぞましい形をとりあげてゆくべきである。

いわゆる応用ソフトウェアについては、その標準化は、ほとんどあり得ないであろう。

むしろ、ローカルなユーザーグループを対象とする、一種の標準的なソフトウェアパッケージが販売されるという形が、5～7年後の姿であると思われる。

管理プログラムやサービスプログラムについては、ハードウェアとの関連もあり、標準化することによって、システムの進歩発展を阻害する可能性もあり、また、実際問題として標準化が困難である。しかし、データの構造や、プログラムの結合、呼び出しなどの基本的な互換性については、標準化のための努力が続けられ、また今後5年間のうちにはかなりの標準化が進むものと考えられる。

完成品としてのソフトウェア以外の面で、たとえば、プログラマー、オペレータなどの教育の面、プログラムの説明書の書き方や、プログラム自体の書き方など、いわゆる文書化の面などで、標準的な考え方や実施の方法が具体的な目標として、とりあげられるようになるであろう。

3・2・5・2 ある第4世代計算機の標準化の試み

標準化をすすめると、データやプログラムの互換性が増し、無駄な投資が減り、プログラマーや利用者相互間での、情報交流が容易になり、教育効果も大きくなるといわれている。

しかし、標準化は、前節にも述べたように必ずしも容易なものではない。この困難さを認識した上で、しかも標準化によって、長い目で見て、コストを軽減しようとしている例として通産省の、超高性能電子計算機の開発を目標とする、大型プロジェクト（以後、単に大型プロジェクトという）のソフトウェアについて述べる。このハードウェアは、第4世代機の一つであると考えられ、日立製作所、日本電気、富士通の3社が結成した、超高性能電子計算機研究開発組合（以後、組合という）が、1970年度完成を目標として開発を担当し、ソフトウェ

アは、日本ソフトウェアが、ハードウェアに依存しない部分を、組合が、ハードウェアに依存する部分を、それぞれ分担して開発している。

通常、試作のソフトウェアは、試作のハードウェアだけに有効なものであるが、大型プロジェクトでは、ハードウェアを商品化するために、多少変更しても、その影響によるソフトウェアの手直しは、最小限にとどめたいと考えている。

もちろん、大型プロジェクトのソフトウェアは、試作システムであるから、そのプログラムに虫がいなくても、そのままを商品として利用できるとは、考えていない。しかし、すでに虫のいないソフトウェアが、商品化の初期において、使えるということは、大きな利点であることは、間違いない。

大型プロジェクトでは、ソフトウェア開発の手順を標準化し、ソフトウェア機能の拡張性を著しく高めたので、試作ソフトウェアの機能拡張は、従来よりも容易であり、したがって、商品としてふさわしい所まで、無理なく成長させうるものと考えている。

具体的には、このソフトウェアは、次のような方針によって開発中である。

- (1) 開発すべきソフトウェアの仕様をきめると、それを、ハードウェアに依存する部分と、ハードウェアに依存しない部分とに分割する。
- (2) この分割の境界は、明確なものとする。
- (3) ハードウェアに依存する部分は、組合が、そのソフトウェアの開発を担当する。
- (4) ハードウェアに依存しない部分は、日本ソフトウェアが担当する。この部分は、ハードウェアが変化しても、その理由だけで、変更しなければならぬということはない。

従来は、この部分は、応用ソフトウェアに限定されていたが、大型プロジェクトでは、サービスプログラム、コンパイラをはじめ、管理プログラムの主要な部分も、ハードウェアに依存しない形で、開発をすすめられるという見通しをたてている。したがって日本ソフトウェア担当分は、かなり大きいといえる。

- (5) ハードウェアに依存しないソフトウェアを共通ソフトウェアと呼ぶ。共通ソフトウェアを記述するための言語（作業用言語）としては、ハードウェアに依存しない形のコンパイラ言語を制定した。それをPL/I*（ピーエルワンスター）とよぶ。
- (6) コンパイラのオブジェクトとしては、これもハードウェアに依存しない言語として、中間言語とよばれる言語をきめつつある。この中間言語におとすことによって、通常のコンパイラの機能の80%近くまでをカバーすることができると考えられる。（20%は、ハードウェアに依存するので、共通ソフトウェアの範囲から出てしまう。）

大型プロジェクトのソフトウェアは、以上の方針によって開発されているので、ハードウェアが変化しても、次のような効果がある。

- (1) コンパイラなどは、その20%程度を書きかえるのみで、新しいハードウェアに対応できる。
- (2) 応用ソフトウェアやサービスプログラムは、そのまま利用できる。(機能上の改良が必要かどうかは、別の問題である。)
- (3) 管理プログラムでも、かなりの部分がそのまま利用できる。おそらく、管理プログラムの40~60%の部分が、そのまま利用できることになると思われる。

更に重要なことは、大型プロジェクトのソフトウェアは、開発を継続することによって、ハードウェアからみても、利用者からみても、寿命の長いプログラムとして利用できるという点である。

すなわち、大型プロジェクトのソフトウェアの開発は、できるだけ、ハードウェアに依存しない形をとっているだけでなく、プログラムは、読みやすい言語で開発されていることと、モジュール化をすすめることによって、改良の影響が広範囲に拡大することがないことなど、改良の開発継続を容易にするための条件がそろっており、したがって、効率の点でも、機能の点でも、長期にわたる成長を期待することができる。

3・2・6 若干の重要分野についての予測

第1世代のソフトウェアの中心を技術計算、第2世代のソフトウェアの中心をコンパイラの完成、第3世代のソフトウェアの中心をコンパイラの普及とOSの発達と見るとき、第4世代の中心は何であろうか？

これについて、予測をすれば、OSの分化と応用ソフトウェアの発達であると考えられ、また、徹底した汎用化ソフトウェアと、徹底した効率の追求の結果としての、特殊ソフトウェアという、2元化したソフトウェアの時代といえることができる。

第4世代において、新しく開花するものは何かについて、大胆な予測をしてみよう。

これまで、1つの世代の中心となるものの芽は、必ず、その前に成長をはじめている。そこで、第3世代において生えつつある芽を考えてみると、次のようなものがある。

- (1) 超大容量の記憶装置(100億バイト級)を活用するファイル検索システム
- (2) 超高速のマルチプロセサを利用する、超マルチプログラミングの制御
- (3) 計算機網の動作を管理する計算機

- (4) 非常にコンパクトなコンパイラ
- (5) いかなる計算機でもシミュレートする万能プログラム
- (6) プログラムの矛盾を摘出するプログラム
- (7) 計算機またはプログラムの評価をするプログラム
- (8) プログラムの仕様書からプログラムをつくり出すプログラム
- (9) 計算機の仕様書から設計図をつくり出すプログラム
- (10) 人間を教育するプログラム
- (11) 計算機を教育するプログラム

このうち、最後のプログラムが完成すれば、あらゆる分野に対して、強力な応用が可能である点に注目してみよう。もし、これができれば、自然言語の翻訳（現在、ゆきづまっているといわれている）も、人間とのゲームのやりとりもできるであろう。

その他、応用方面は広いが、果して可能であろうか？これには難かしい点があるが、多々あるので、一般的な解決は不可能と思われる。けれども、プログラムの良否の評価が、比較的定量化できるような例題については、かなり希望が持てるようである。

その意味で、単純なゲーム（たとえば儲けごと）や、単純な機械系の制御、簡単な認識問題などでは、ここ数年で、かなり高度の成果が見られるに違いない。

また、意味は少し異なるが、人間による、計算機の教育ということになると、実用性のある応用が期待できる。つまり、プログラムの書きかえのための情報を、人間に便利な形で計算機に入れば、計算機が、その指示を自動翻訳して、プログラムの修正を行なうだけのことであるから、実現させることは充分の見込みがあり、また、それだけに、高級な応用もできるというものである。

いわゆるデザインに関するもの、操縦・運転に関するもの、スケジューリングや管理に関するもの、単純大量の情報検索、または、特殊な情報の検索などは、この種の応用に入ると考えられる。

5～7年後には、人間の認識・思考の活動について定量的に把握できる分野、比較的明確な判定の出来る分野については、計算機によるシミュレートが可能になるであろう。

次にソフトウェアの効率と限界について述べる。すでに、3・2・3・2節でも述べたように、ソフトウェアの効率には限界がある。しかし、コンパイラのようなものでは、コンパイル時にかなり、ていねいなコンパイルを行えば、オブジェクトの効率は、充分満足すべきものになる。そこで、コンパイル時に、与えられたプログラムを、できるだけ分析して、無駄のな

いオブジェクトプログラムを作るようにさせれば、コンパイルの時間と、コンパイルのための記憶領域などは、非常に大きくなるかもしれないが、その効率は、すぐれたプログラムが、アセンブラ言語でプログラムしたものよりも、良くなる可能性さえある。

このようなコンパイラを用意することによって、ソフトウェア的には、限界に近いプログラムを、個人差の少ない方式で生産することができる。

一方、オブジェクトプログラムの効率は問題にせず、ただ、コンパイルの速度と、主記憶領域の圧縮と、文法上の誤りの検出を狙ったコンパイラを作ることによって、プログラムの作成の時間は、最短にできる。

この2種のコンパイラを、徹底して追求^{*}したならば、コンパイラに関する効率と限界とははっきりしてくる。5年後には、普通のプログラムの翻訳には、僅々、1秒で充分ということが、大形機の常識になるであろう。

^{*} KDF.9におけるALGOL compilerは、この試みの一つである。

3・3 ソフトウェアの価格と生産

3・3・1 価格についての概念

ソフトウェアの価格は、普通の物品の価格とは、性質が異なっている。強いていえば、録音済のテープや撮影済の映画のフィルムなどに似ている。すなわち、材料費の占める部分が小さく、人件費と加工費とが高く、しかも複製の費用が、オリジナル製作費よりも、はるかに安い。

ソフトウェアのコストは、製作完了後に、実費を計上することは、できるが、それだけで販売価格をきめるというわけにはゆかない。どれだけの複製を販売できるかという点が、販売価格をきめる一つのポイントである。

市場価格というものも、ソフトウェアの場合は、わかっているようで、わからぬものである。FORTRAN のコンパイラのように、すでに、同種のソフトウェアが、多数生産されていて、その価格が安定している時には、市場価格が形成されているといってもよからう。市場価格をもっているソフトウェアは、古くから知られたソフトウェアに限られている。全く新しいソフトウェアについては、市場価格などはなく、従来のもからの漠然たる比較感から、大体的見当をつけることしかできない。

たとえば、FORTRAN コンパイラは、その大小によって、30,000ドルから200,000ドル位に、バラツキをもっているが、COBOL コンパイラならば、大体、この2倍ぐらいの価格になるであろう。PL/Iならば、もし、安定期に入れば、COBOL コンパイラの、更に2倍ぐらいの価格で、供給されることになる予想される。

このような予想は、専門家の間では、かなり良い一致がみられるようになって、見積りのための条件が明らかになれば、最高と最低の見積値の差異は、2対1程度を出ることは少ない。(時には、数%の差になることもある。)しかし現実には、見積りの条件が不確定のことが多く、とくに、新しいソフトウェアでは、条件が確定しないままに見積らねばならぬために、最初の予想の2倍以上の費用を使ってしまうことがある。

5～7年後には、見積りの技術も、現在よりも、はるかに進んだものとなるであろう。しかし、現在は、一種の反省期である。

1960年代の初頭においては、ソフトウェアの製作は、請負方式(fixed price)によるものが多かったが、現在は、見積りのための損失が多いことに気づいたため、純粋の請負方式は、少なくなっている。現在の主流は、正確な見積りを出せる状態になるまでの間は、実費方式(time and labor)で契約し、条件が安定した時点で請負方式に切替えるか、あるいは、最後まで実費方式にするかのいずれかの方法である。

3～5年後には、仕様の安定したソフトウェアも多くなってくるので、再び請負方式が、多くなるとも考えられる。

現在は、ソフトウェアを見込生産して、それから多くの顧客をさがすという形は、危険なので、ほとんど採用されていないが、どこかの委託で生産したものを、形を変えて、汎用化し、それを、一般に販売する形は、次第に多くなっている。この傾向は、今後も続くと考えられる。

3・3・2 ソフトウェアの開発費の流動性

ソフトウェアの開発費は、人件費、計算機使用料、材料費、材料加工費に区分できる。人件費と、材料加工費は、年々、単価が上昇する性質をっており、計算機使用料と材料費とは、その逆である。

同一の仕様のソフトウェアを、同じ時期に同じ程度の能力と同じ程度の経験をもった人達で作成する場合でも、開発費は、いろいろの条件で変動する。(もちろん、人件費の単価は、差がないものとする。)

第1に、納期の問題がある。ソフトウェアの開発には、最適人数、最適計算機時間、最適納期というものがあり、ある程度、どこかの要因を、最適値から動かすことはできるが、その場合には、開発費が増大するか、納期が著しく遅れるか、何らかの望ましくないことがおきる。納期を無理して短くしようとする、かなり高いものになる。たとえば、ハードウェアが未完成のうちに、ソフトウェアを先行させるためには、シミュレーションを行なう必要があるが、シミュレーションは、実際のハードウェアの数百倍の計算機時間を消費する。

また、人を多勢投入して、納期を圧縮しようとしても、相互の連絡などの損失が大きくなって、思ったほど、納期圧縮ができない割に、コストは高くなってくる。

また、使う計算機が、使いやすいものかどうかによって、納期も、計算機の消費時間(すなわちコスト)も、大きく影響されてしまう。

ソフトウェアの仕様といっても、機能面だけをきめただけの仕様であれば、実際には、何もきめてないのに近い。どれだけの性能をもたせるかという点で、設計の仕方が違ってくるし、開発費もちがってくる。ところが、最低限、どれだけの性能を保証できるかという点になると、少し検討しただけでは、わからぬことが多い。そこで次のような準備ができてから、はじめて見積りを作れるようになってというべきである。つまり、よいと思われる機能を定め、希望的な性能を定め、希望的な性能を定め、その実現可能性を、充分検討して、実行可能な機能と性能とを定め、次に、その作成計画を検討し、必要とする条件を満足する計画を定めなければならない。

ところで、これまでの経験によると、このような段階、すなわち、プランニングの段階は、全体の製作期間の40%近くを占めることが多いといわれている。^{*} いいかえると、全体の期間の半分近く過ぎないと、あとどの位大変なのか、なかなか検討がつかないというのが現状である。5～7年後には、このプランニングの期間が多少縮まることも考えられるが、むしろプランニングを終える以前に、かなりの精度で、全体の見当をつけるようになるものと考えられる。

3・3・3 見積りの仕方の現状

現在、ふつうに行なわれている見積りの仕方は、次のような手順である。

- (1) 大体の仕様と納期が呈示される。
- (2) その仕様は、機能的な面が表に出ていて、性能的な面は、多くの場合、あまり強く表に出ていない。
- (3) この仕様から、およそのプログラムの大きさの見当をつける。
- (4) このプログラムが、(a)全く新しいものであるか、(b)一応確立した技術であるが、かなり困難な、あるいは高級な仕様であるか、(c)見通しのよい小型の、あるいは単純な仕様であるかによって、このプログラムを完成させるための、マンパワーに、ある重みをかける。
- (5) 使用する計算機時間についても、マンパワーにかけたと同様に、プログラムの性質に応じて、ある重みをかける。
- (6) マンパワーと計算機時間をきめ、納期との関係で、必要と思われる安全率を乗じ、最終的なマンパワーと計算機時間を出し、それに、材料費、材料加工費を加えて、コストとする。

* プログラム論理	35	%
コーディングとテストデータの開発	25	%
テストとデバッグ	35	%
最終的な文書化	5	%
	100	%

第3-6表 プログラム開発の労力配分
(その1)

IBMデータ処理基準書作成の手引き

NO 18-0094-0 から修飾引用

分析と設計	34.5	%
プログラムのコーディングとチェック	18	%
チェックアウトとテスト	47.5	%

第3-7表 プログラム開発の労力配分

{ Farr, L. (その2)

{ V. Labolle
N. E. Willmorth

* "Planning Guide for Computer Program Development."
System Development Corporation, TM-2314/000/00 より修飾引用

このコストに、必要ならば、利益を含めて見積り価格とする。

もし、ここで見積ったソフトウェアが、多数のユーザーに販売されることを前提としているならば、販売見込数で、見積り価格を割って、販売価格を出すことになる。また、この場合は、コストの中に、かなりの販売経費を織り込む必要がある。

さて、この普通の見積り方式は、大きな問題点を含んでいる。見積りの基本となるのは、このプログラムについて

(1) 大体のプログラムの大きさの見当

(2) 大体の困難さの見当

をつけることである。これが正しく行なわれれば、あとの手順は、一般に認めやすい形式なので、問題はない。上記の2つの見当は、経験を積んだプログラマーであれば、かなり正確につけることができるといわれているが、かなり主観的なものである。

通常、次のような手順で、プログラムの大きさの見当をつける。

(1) これから開発すべきプログラムと類似したプログラムが、もしあれば、その大きさを調べる。

(2) 開発すべきプログラムの仕様と、その類似プログラムの仕様との差異を明らかにする。

(3) その差異が、プログラムの大きさに、どのように影響するかを考える。

たとえば、一部の新しい機能の追加であるのか、全体的に機能や性能を、改善または簡単化するものなのか等。

(4) この結果を、プログラムの大きさの上で、何%と見るかを考えてみる。

(5) もし、類似したプログラムが、全然ないならば、そのプログラムの構成を、できるだけ細分化してみる。細分化されたモジュールはなるべく均等と思われる程度に分割する。

(6) 大体の大きさを見当づける程度に細分化された仕様をもったモジュールになったならば、各モジュールの平均的な大きさを推定して、それに、モジュールの個数を乗じて全体の推定値とする。

こうして作られた見当が、正しいかどうかを決めるための、決め手というものはない。

プログラムの大きさが決まったあとの、マンパワーの推定方法や、計算機時間の推定方法として、第3-8表のような数字がある。

この数字は、今後、ソフトウェア開発の手順を、統計的に解析してゆくにつれて、次第に確度の高いものに整備されるものと考えられる。

	Programmer Productivity
Production Programming*1)	6,000 - 10,000
Established technology*2)	1,000 - 3,000
New Technology *3)	500 - 600

第3-8表 プログラムの生産性

(年間に生産できるプログラムの大きさとプログラムの種類との関係。

これは、プログラムのエラーを完全に取りのぞき、完全な文書化を行なうための時間も考えた上での平均生産ステップ数である。)

IBM Users (昭和43年1月10日号)より修飾引用

3・3・4 別な見積りの手法

あるアイデアを考えついたとき、それを文章化するのに要する時間を t_1 とし、それをプログラムの形にまとめる時間を t_2 とすると、 t_2 と t_1 の間には、次のような関係があると考えられる。

$$t_2 = t_1 \cdot f(t_1)$$

ただし、文章は、すべて客観的に記述されているものとしておよそ、プログラムするためにあいまいな言葉、たとえば、「似ている」とか、「適当な」とか、「充分大きな」となどという言葉を含んでいないものとする。

f の形は、常数または t_1 の一次式と考えられるが、この形は、具体的な研究によって定められねばならない。この f の形をきめられれば、プログラムを作らなくても、かなりよい見積りを得られるであろう。現時点での小規模な経験によれば、 $f(t_1)$ は、文章の質によって変化する常数で、およそ5〜20ぐらいの値をもっているようである。

なお、すべてが客観的な記述とする以前の段階として、通常用語によって、プログラムに対して、かなり明解な指示を与える文章を作るものとし、その指示を作る時間を t_0 とすると、 t_0 と t_1 との比は、およそ、数十倍という値がでるであろう。

このような関係が明らかとなり、推定の確度が明らかになれば、たとえば、 t_0 から t_2 を

*1) 簡単な応用プログラムなど、見通しのよい、単純なプログラミング

*2) すでに、技術的には基本が確立しているもの、たとえば、よくわかったコンパイラ作製の、分類併合プログラムの作製など。

*3) 技術的に未知なものをプログラムする場合。

推定できるならば、労力としては全体の数百分の1の作業をしてみることによって、全体を想定できることになる。

この種の簡便な見積り法の欠点は、ある要因が全体のコストを左右するかのように扱われるため、その要因の確度が、直ちに全体の確度になったり、要因と全体との相関が、安定しているかどうか、重要な問題であるにも拘らず、論理的な保証なしで（ただ統計的な裏づけだけで）それを容認せねばならぬという点である。

これに対して、SDC^{*}が行なっている研究は、コストの決定に関与する要因と、その要因の影響を、統計的に把握しようとする点では、新味はないが、多くの要因をとりあげているので、一つの要因の見積り確度に、多少の疑問があっても、他の要因を正しく見積ることができれば、全体としては安定した値を得られるので、いわば本格的な見積り方式である。

この紹介は省略するが、約100種の要因について、1966年までに、169個のプログラムを分析して、そのプログラムに適合する、要因と人月、要因と計算機使用時間、要因と経過時間に対する、相関方程式を作っている。

また、プログラムの種別を分類して、各々のサブグループごとに同様の相関方程式を作っている。この方程式の各々は、12～14種程度の要因で作られており、おもしろいことに、プログラムの命令総数などは除外されており、各要因の値は、推定しやすい形に整理されている。

この種の研究は、もっと広く行なわれ、作られた相関方程式を、実際にあてはめた場合の適中の模様なども公表されるべきである。なお、このSDCの研究による相関式を、そのままある例にあてはめて見たが、3・3・3節の見積り方式とはあまり一致しなかった。実際の結果はまだわからないので批評することはできない。プログラムの開発手順と、その見積りに関する研究は、今後5～7年間に、著しく進むものと考えられる。

3・3・5 ソフトウェアの生産性

ソフトウェアの生産性を高めるためには、次のようないくつかの方向がある。

(1) 担当するプログラムの経験を深める。

全く新しいテーマを担当したときと、すでに経験のあるテーマを担当したときとでは、似た問題の場合に、分析と設計の段階で、2倍乃至4倍の生産性の向上が見られる。（第3-8表参照）

(2) 作業用言語をわかりやすくする。

アセンブラ言語でプログラムを組む場合とコンパイラ言語でプログラムを組む場合とを比べる

* たとえば Management handbook for the estimation of computer Programming costs.

と、大体において、1日平均のコーディングステップ数は、あまり変わらないようである。^{*}

しかし、コンパイラ言語で書くと、同じ内容のアセンブラ言語のプログラムよりも、2分の1ないしは3分の1のステップ数で、表現できるから、コンパイラ言語で書くと、アセンブラ言語で書くよりも、clerical workの場合は生産性が、2～3倍上昇することになる。もし、内容のある場合でも、コンパイラで書く方が、50%～100%の能率上昇をもたらすであろう。

この例は、本来、アセンブラ向きの場合を、PL/Iで書いた場合のことであって、ふつうの応用プログラムのようには、本来がコンパイラ言語向きの問題の場合は、この比率はもっと大きくなるであろう。たとえば、本来FORTRAN向きのプログラムにおいては、アセンブラ言語で書く場合の3分の1～5分の1ぐらいの大きさをもっているであろう。計算尺の複雑な場合には、アセンブラ言語で書くときの10分の1ぐらいに小さくなるであろう。

(3) 既成のプログラムを利用する。

いわゆる書き写しに近い作業、ほとんど頭を使わずに済むプログラムは、通常の（オリジナリティを必要とする場合の）プログラムとくらべて、3～10倍も楽であり、したがって既製のプログラムを、そのまま機械的にコピーすることができなくても、頭を使わずに利用できれば、見かけのプログラムの大きさによらず、かなり速くプログラムを作れる。

また、オリジナルを、コンパイラ言語で書いておいて、それを必要な所だけ、与えられた機械向きのアセンブラ言語に書き直す方法によって、全体の手間を大きく省いて、しかも、かなり効率のよいプログラムを供給することができる。（効率に大きく利く部分は、意外に少ないのが普通であるから。）

(4) デバッグ用のソフトウェアの充実

デバッグに使う計算機の、ソフトウェアがそろっているかどうかは、デバッグの能率を大きく左右する。

たとえば、原始的なダンプリストだけしかないような状態と、任意の時点に、任意の部分のトレースを、能率よく行なうことができる状態を考えてみても、その差は明らかである。

カード、テープ、ディスクバック、プリントなどの媒体変換、コード変換のプログラムや、

^{*} clerical workでは、コーディングはステップ数に比例するからコンパイラで100ステップのものと、アセンブラで100ステップのものは、同じくらいの手間である。内容のあるものでは、コンパイラで100ステップのものと、アセンブラで、100ステップ（つまりコンパイラでは20～30ステップ）のものでは、コンパイラの方の100ステップの方が密度が濃いだけに時間がかかる。しかし、それは大したことはない程度であろう。

カードの部分差し換えと同等のことを、テープやディスクなどについて行なえるかどうか、なども、能率に大きく利いてくる。

特にデバッグ用というのではないが、アセンブルやコンパイルの時間が速いかどうかでも大きな問題であるし、いつでも計算機が使えるかどうかに至っては、能率と直結した大問題であり、TSSの機能があるかどうか、あるいは、OSが、いかにうまく運用されているか、などにも関係した点である。

(5) 文 書 化

プログラム作成者が、途中で交替すると、能率が10分の1に低下するという*。もし、プログラムに関する充分な説明を与えるための文書がなければ、交替は、途方もない損失をもたらすであろう。

文書化のための訓練や、方式の樹立と励行とは、生産性向上のための、地味ながら重要な手段である。我国では、人の交替という問題が、あまり発生しないために、文書化は、あくまでも将来の保守や、仕様の拡張、変更などにおける、生産性の向上のための問題であると受取られ勝ちであるが、今後、プログラマーの流動性が増す可能性、システムの規模が大きくなるために、どこかでだれかが作業を続けられなくなるものの可能性などがあるので、真剣に考えねばならない。

文書化を正しく励行すると、デバックまでの準備に落ちがなくなり、デバックが能率よく推進できる点も、大切な点である。

文書化のために、それを容易とするソフトウェアを開発することによって、全体的な生産性を高めることができる。たとえば、流れ図の自動製図、文書の編集の自動化、プログラムの自動編集と註の挿入、文書の自動登録と配布システム正規文書の形式の自動検定、などが実用化されつつある。5～7年後においては、文書化関連のシステムは、重要なシステムとして必須化しているであろう。

(6) 検査用のデータの集積

プログラムの検査を、能率よく行なうためには、系統だった検査用データを、あらかじめ、充分検討の上、用意しておかねばならない。これが用意されていれば、検査後、もしなにかの修正をしたときにも、そのデータを全部通してみても、その修正が正しかったことを、手順よく確認できる。

コンパイラなどの検査のためには、文法にあった標準的なプログラムと、人間が犯すと考え

* D. H. Brandon; Management Standards for Data Processing
(van Nostrand発行)

られるあらゆる誤りをもりこんだ、検査用のプログラムとを、充分に用意せねばならない。これらは、次第に整備されており、検査は、数年前から見ると、格段に能率ようになった。これと同様のことは、分類プログラム、各種の変換プログラム、応用ソフトウェアなどにも行なわれており、5年後には、基本的ソフトウェアのための、標準的な検査データが整備され、その一部は、ソフトウェアの評価のためにも利用されるものと思われる。

(7) そ の 他

この他、プログラムチームの管理、スケジュールのたて方、計算機のわりあての方法、あるいは、仕様を明確な人工言語で記述することによって、誤をなくすることなど、いろいろの手段が考えられる。

このような、生産性向上の方向を、すべて着実に追ってゆくことによって、5～7年後には現在のレベルのソフトウェアについては、現在の3倍以上の生産性を確保することは容易であると考えられる。しかしそのところには、現在よりも、はるかに要求の難しいソフトウェアについて、その生産性を高めるための努力が、続けられていることであろう。

3・3・6 ハードウェア生産方式との対比

ソフトウェアについても、ハードウェアの製造と対比させて、設計、製造設計、部品手配、部品生産、組立て、検査、試験という順序を考えて見ることはできる。

設計は、アナリシスであり、製造設計は、流れ図の作成、部品設計は、論理的なプログラムとハードウェアとの対応づけ、たとえば、主記憶装置のわりつけなど、具体的な内容をもりこんだ、サブプログラムの作成、部品の手配や生産は、カードパンチ、組立ては、サブプログラムの結合検査は、外観検査、プログラムシートとのよみ合せ、机上のデバッグなど、試験は、計算機を使つてのデバッグングである。

このような対応づけができるので、ハードウェアの生産に関係する人々と、ソフトウェアの生産に関係する人々との対応づけも考えられている。

簡単にいえば、ハードウェアの場合は、設計、製造、試験の3者が分離しており、ソフトウェアでは、プログラマーと、パンチャーとオペレータとを、この3者に対応づけて、再編成してはどうかという考え方がある。

通常は、プログラマーを3分して、設計担当のプログラマー（アナリスト）と、製造担当のプログラマー（コーダー）と、試験担当のプログラマー（試験係）とに分け、パンチャーは、プログラマーとは別部門であるが、分類するならば製造担当に、また、オペレータも分類としては試験係に編入する。

米国においては、アナリストとコーダー（これを狭義のプログラマーと呼ぶ）は、給与体系も別になっているようである。

このように、プログラマーを分けると、よい点としては、

- (1) 各職種が独立するから、熟練しやすい。
- (2) 文書化が、自然に行なわれる。
- (3) 責任が明確になるので管理しやすい。

また、欠点としては、

- (1) 日本の場合、アナリスト希望が多くて他の職種の士気を高めるための措置が必要かもしれない。
- (2) 文書化しないで済む所も文書化せねばならない。
- (3) 全体的な責任という考え方がなくなるかもしれない。たとえば、明らかに流れ図が間違っているとしても、そのままコーディングすべきであるという事がおきるであろう。

ソフトウェアの場合、誰も知らぬうちに、その内容を1人のプログラマーが変えられるということのために、管理上、問題を起しやすいとされているが、このように設計、製造、試験を分離すると、そのようなことはできなくなる。そこで、もし、設計上に何か小さな変更があっても十分に管理できるようになる。

ソフトウェアの開発では、製作といってもすべて頭脳労働であるから、手作業のような代替性がない。そこで、設計者が、自ら製作者を兼ねる方が有利だという考え方もある。また、むづかしいソフトウェアの場合には、設計の労力と製作（コーディング）の労力との比率は、3対1程度になることもある。（通常は、製作の労力は、設計の労力の50～70%である。）すなわち、設計の労力の方が、製作の労力よりも、かなり大きいから、製作を分離してもつまらないという考え方もある。

現状では、この分離を充分行なっている所は、もしあってもごく少数であると考えられる。5～7年後の傾向としては、もし、今日の米国のようになるものならば、アナリストとプログラマーの分離ということになるが、米国では10年以前でも、現在と似た形であったことから見て、この点では、米国の形を追っているとは思えない。

むしろ、我国では、中学卒業者が減少して高校卒業者が増え、並行して大学卒業者も増えている点から考えると、プログラマー志望者は、大体において同質の人々が集まるものと想定される。

したがって、我国では、もし設計・製作・試験にプログラマーを3分しても、これは同質の人

々を、経験年数などの関係で分けたものとなり、つまり、1つの職種で、長い間働くというよりも、次々と、職種が移って行って、最終的には、アナリストとして定着するという形が、とられるものと思われる。

現在でも一つのチームの中では、このような形になっているが、そのようなチームの集合を設計グループ、製作グループ、試験グループに再編成することが、我国で広く採用されるかどうかは、チーム人数が、もともと大きくない所が多いだけに疑問であろう。^{*}

しかし、ハードウェアのメーカーの場合には、すでに、この再編成方式の利点に気付いていて、これの採用をしているところもあり、全体的な生産性という利点からいえば、設計・製作・試験の形をとるべきであろうと考えられるので、一部には、採用されて好結果を生む例も見られるであろう。

3・3・7 プログラムの管理の重要性

プログラマといえども、特別な人間というわけではないから、その管理についての一般的な法則は、人間関係や集団についての、すでによく研究されている法則が、そのまま適用されるであろう。

ここでは、特に、プログラミングという作業について考え、5～7年後について、その考えを延長してみる。

プログラミングは、頭脳労働であるから、働いているかどうかは、はたからみていたのでは、よくわからない。また、能率があがっているのかもわかりにくい。

そこで、どうやって、プログラマの現状を把握するかということが問題になる。これは、単に、プログラマの作業状況を知ること自体が目的のではなくて、プログラマに対して、もし必要ならば、早目に、適切な助言をしたり、適当な処置をとれることを目的としていることは、いうまでもない。熟練したプログラマの場合には、ほとんどないことであるが、未熟なプログラマの中には、当然、上司に報告すべき状態であるにもかかわらず、ひとりで苦心していて、そのために、日数がどんどん経過してしまうことがある。このようなことのないように、報告のシステムを、よく訓練しなければならないが、それと同時に、仮に、報告がおくれても、問題がおきていることを、管理者に、早目に気づかせるようなシステムは、大切なものである。

チームが働いていると、最初のうちは、だれか1人がおくれても、チームとしては目立たないが、やがてプログラムの結合を始める時期がくると、おくれた人の影響は、はっきりと表に

* 米国では、1事業所で数十人以上のプログラマーをもっているところが、かなり存在している。

でるが、その時には、もう打つ手がない。たとえば、その人を交替させることはもちろん、その人に、だれかをつけることにしても、急にはどうしようもない。そこで、チーム全体が、スケジュールを変更したり、また手明きができたりして、大きく損をしてしまう。

また、もし、チーム全体が、一様におくれているならば、チーム内での乱れはないが、事は、ますます重大となる。そこで、スケジュールのおくれは、すぐにそれを検出して、何かの処置をしなければならない。

3・3・8 管理情報の報告システム

通常行なわれている報告システムは、定期的報告を義務づけるもの、たとえば、月報、週報、日報などを、書式をきめて提出させるものと、何かの活動に伴う伝票などを、報告の代りに利用する、不定期的報告とがある。

定期的報告は、習慣づけすることと、仮に特報すべきものがなくても報告書は提出するという点が大切である。おそらく、長期の開発に関しては、週報が最適であろう。

伝票を整理すると、活動が表面に出る。伝票の内容は、カードさん孔の依頼と計算機使用、他に、残業の申請または報告がある。

カードさん孔が、同一プログラムで、くり返し出ている時は、何かのやり直しをしていることを表わしており、また、計算機時間は、その量、頻度、時間帯などを見て、プログラム進行の状況をチェックすべきかどうかを知るたすけとなる。

残業も、チームの平均、全プログラマの平均と比較してみると、特に注目すべき場合がわかる。

伝票活動は、その開始の時期が、最初の予定とくらべて、おくれているかどうかを注意しておくべきである。

この他に、文書化の推進によって、早期に活動の状況を知ることができる。たとえば、プログラムの内部仕様を文書化することに、1週間のおくれがあれば、そのおくれは、全体のスケジュールで、5～20人週のおくれをもたらすであろう。つまり、5人のチームで1週間～4週間のおくれを確実に生ずるであろう。もし、その内部仕様を、1人で書いているのではなくて、チーム全員で作っているのであれば、1週間のおくれは、5～20週間のおくれを引きおこすと考えられる。

このようなことがおきたならば、計画そのものの正しさから、再検討して、必要な手を打ってゆかねばならない。

あいまいな点をのこしたまま、作業をすすめることもあるが、きめられることは、つまりぬ

ことでも、早目にきめねばならない。あいまいなままに残してもよいものは、内容が困難であって、しかも、分担の境界に関係のないものでなければならぬ。文書の内容をチェックして、見かけのスケジュールと、実質のスケジュールとを、よく見わけなければならない。

文書化が進まなければ、たとえば、計算機を使えないという形の制約をつけることによって文書化の重要性を、習慣として定着させることもできる。本来てんとうにならぬようにして、習慣として身につけさせることが重要である。

3・3・9 5～7年後の管理システム

ソフトウェアの工程を、PERTで行なうという試みも、すでに、我国で行なわれているが、5～7年後には、大規模なソフトウェア生産の場では、この種の管理システムが採用されることが、普通となるであろう。

機械化することによって、特に注意すべきものだけを、機械的にとり出すことができ、管理者が重要な点に、集中できることが、この種システムのねらいである。また、機械化のために、わりきった報告が必要となるので端的な評価を、プログラマ自身が試みるようになる。

また、伝票についても、その管理を、単に経理的観点から集計するのではなく、プログラマの進捗管理の観点から、計量するように変わってゆくと考えられる。

他方、計算機時間の管理にも、計算機が使われる。たとえば、米国の社会保険庁などでは、IBM360/65を5セット、IBM7080を5セットなどをはじめ、大小あわせて26台の計算機を、バルチモアのセンターにおいているが、ここでIBM360/30を1台、時間管理用に専用している。このように、プログラム完成に必要な資材の管理に、計算機を使ってゆく傾向は、管理対象の規模増大とともに強まるであろう。（この例のように、1台の計算機を専用するか、あるいは、TSSの1台の端末を専用するかは、大きな問題ではない。）

この種の、機械的な管理手段の他に、プログラマの環境についても、もっと人間工学的な配慮が考えられているであろう。たとえば、各個人の勤務時間、勤務場所、計算機の使い方について、もっと、個人の特性に合ったシステムが考えられるであろう。

集団的なチームワークと、規則的な勤務条件を好まないプログラマーがいることと、また、その種のプログラマーの中には、かなり優秀な人がいるということは事実であるが、その逆に、規則的な勤務の仕方を好むプログラマーも多数いるということ。個室での作業を好むもの、好まぬものもいるということ、また、自分が好む条件が満足されるならば、他人と異なった条件でもよいと考える人々と、自分の好みは一応もっているが、それよりも、全体との一致を大切にする人々とがいる。このような、プログラマの集団を、どのようなチームに組むべきか？

また、プログラマの中には、面白いテーマであれば、一生懸命に、誰も見ていなくても仕事をしてゆくというタイプの人が多い。しかし、面白いかどうかに関係なく、仕事は仕事として、キチンと処理してゆく人もいる。

この逆に、面白味がまだわからないという人もいる。できるだけ、すべての人が、自分の仕事に興味と魅力を感じるように、仕事を配分し、スケジュールしてゆくには、どうしたらよいのか？

このような難かしい問題に対して、5～7年で、完全な解決ができるとは、とても思えないが、次のような点で、今よりも良い状態になる可能性がある。

- (1) 機械的な作業が減ってくる。
- (2) 新しい分野が出現し、プログラマの対象業務が広がってくる。
- (3) プログラマごとに、適当な負荷が、計量できるようになり、負担が大きすぎたりするた
めの、意欲低下は減ってくる。
- (4) リーダーの層が厚くなり、適当な指導が得られやすくなる。

このような諸点を、重要な問題として、取り上げてゆくこと自体が、現在よりもよい状況をつくり出してゆくことになるであろう。

3・3・10 5～7年後のソフトウェア価格

ソフトウェアの生産性についての第3～8表の考え方はあまり変るものではなく、つまり、新しいプログラムの開発は何年たっても、そんなに能率よく行なわれるものではあるまい。しかし、現在未知の分野も、やがては確立された技術とされるようになり、また、現在すでに確立された技術の応用にすぎない分野のものは、やがては見通しのよい、単純なプログラムとして扱われるようになると思われる。

この後者の方向は、プログラムの自動製作技術の推進、文書化技術などの努力なしでは進展困難であろうが、これは充分見込みのある道である。

そこで、現在知られているソフトウェアの開発は数年後には数分の1のコストで行なわれて
といてよい。

市場の広さも拡大されるから、ソフトウェアのパッケージの価格は現行の価格の $\frac{1}{10}$ になると
思われる。

もちろん、5～7年後にはソフトウェアの機能と性能についての要求が高まるであろう。そ
のような高度のソフトウェアの開発のためには、むしろ現在の最高度のソフトウェアよりも高
いコストを必要とすると思われる。

いいかえると、ソフトウェアの価格の巾はかなり広いものになるであろう。

一例として、現在すでに確立された技術と見られている FORTRAN コンパイラの価格は、3 万ドルから 20 万ドルといわれているが、これは 5~7 年後には 3,000 ドルから供給されると思われる。

上限は特別な性能をもたせる場合など、10 万ドル以上の価格になるであろう。

また、別な例として大規模な^{*}ファイルシステムについて考えてみると、現在はその開発は未知の部分が多く、したがってその開発には数百万ドルを要するのが普通と考えられる。

しかし、これも、一度その開発が完成した後で、再び類似のシステムを開発するならば、おそらく百万ドル以下で開発できるであろう。そこで、現在は困難だとされているシステム、たとえばファイルシステム、TSS、マルチプロセサの制御システムなども、5~7 年後には安定した技術として扱われることになり、コストも現在の見積りの数分の 1 になるであろう。

3・4 より将来の展望

目を 10 年~20 年先に転じてみよう。そのとき、ソフトウェアはどのように発達しているであろうか?

まず考えられることは、そのときには、ソフトウェアも、ハードウェアも、まったく問題にならなくなってしまうっており、いわゆる効用 (utility) だけが意識されているであろう。丁度、今日、我々は、電力、ガス、水道、電話、テレビ、ラジオのいずれにおいても、その効用と、身近なハードウェアについてだけを意識しているように、情報処理を一つの効用として認識しているであろう。

次に考えられることは、ハードウェアとソフトウェアとが、コンパクトにまとまった、一つの小さいシステムを、多くの人々が占有しているという状況である。たとえば自家発電装置、プロパンガス、井戸などのように、あるいは、公共交通機関に対する自家用車のように、個人が誰にも煩わされずに、効用を占有するという形がある。このためには、安いコストのハードウェアの提供が必要であるが、その見込みは、ある程度、現実的になってきた。一般の効用の多くが、公共利用と私的占有との共存であることから、情報処理においても、公共システムと私

* 小規模なものは、既製の管理プログラムの下で動かすが、大規模なものは、そのファイルシステム向きの管理プログラムを持つものがある。どのような応用のためのシステムであるかによって、そのソフトウェアコストは、大巾に変動するので、ソフトウェア開発費用が 10 万ドル級のファイルシステムもあれば、数千万ドル以上のファイルシステムも考えられる。

的システムとの共存が続くと見るのが妥当であろう。

この時点で、システムの内容、すなわち、ハードウェアとソフトウェアがどうなっているかを、考えて見ることは困難である。ソフトウェアは、自己学習機構によって、急速にその内容を改良し、学習方式そのものも、新しい学習によって変更しているかも知れいからである。

ハードウェアも、生物学的なエレメントを採用しているかも知れないし、ソフトウェアとの区別もなくなっているかも知れない。

しかしまた、意外に遅い進みを認めることになるかもしれない。たとえば、ある本をみても20年後に、ある人は、学習機能の十中八九が解決されると考え、ある人はとても難かしいと考えているが、楽観的な人でも、計算機に本当の意味で創造性を備えさせようとしてみたところでいろいろな理由からそんな試みは結局全部失敗してしまうであろうといっている。

実際、人間の思考は個人の頭脳内では速いが、チームとしての思考は遅くて不完全であり、しかもチームの大きさには限界があるのであまりにも大規模な、思考の奥行きが深いテーマに対しては個人の力でも、チームの力でも、僅か10年ぐらいで解決することはできないと思われる。

したがって、現在と本質的に変わらないであろうとする方が、確実な予想であろう。

* 「二十年後の世界」

ナイジェルコールダー編、赤木昭夫、須之部淑男訳の185ページから200ページ

THE
NEW
AND
REVISED
EDITION

第 4 章

データ 伝 送



4. データ伝送

4・1 将来必要とされるデータ伝送速度

データ処理技術の発展にともない、データ伝送の対象となる情報量は増大し、データ処理システムはますます大規模なものとなることが予想される。

国内においては、現在までに1,200ビット/秒以下の各種速度および2,400ビット/秒のデータ伝送速度が実用化されている。之を利用面からみると、いずれの速度に関してもオンライン・データ通信システムを構成する端末装置として、あるいは端末装置相互間の通信用として用いられる。即ち、200ビット/秒以下の速度は主として紙テープ送受信、キーボードプリンタによる会話通信、帳票通信等に用いられ、200ビット/秒以上1,200ビット/秒以下のデータ伝送速度は、紙テープの送受信、高速度印字受信等、オンライン・ターミナル的な使用法、およびCRTディスプレイ装置等に利用される。さらに、2,400ビット/秒のデータ伝送速度はオンライン・ターミナル的な利用方法のほか、磁気テープ伝送、CRTディスプレイ装置等への利用が期待される。今後、データ処理システムがますます発展することは十分予想されることであり、必然的に処理装置相互間を高速度データ伝送回線で結ぶ事等、処理装置周辺の諸装置（例えば、磁気テープ装置、磁気ディスク等）の有する高速性を損なうことなく、極めて効率良くデータ伝送回線を介して接続したいという要求が生じてくることと思われる。さし当って要求される高速度の限界としては処理装置相互間を接続する際の転送速度を考えておけば十分であろうから、その面から必要な速度を検討すると次のようになる。

(1) 磁気テープ装置

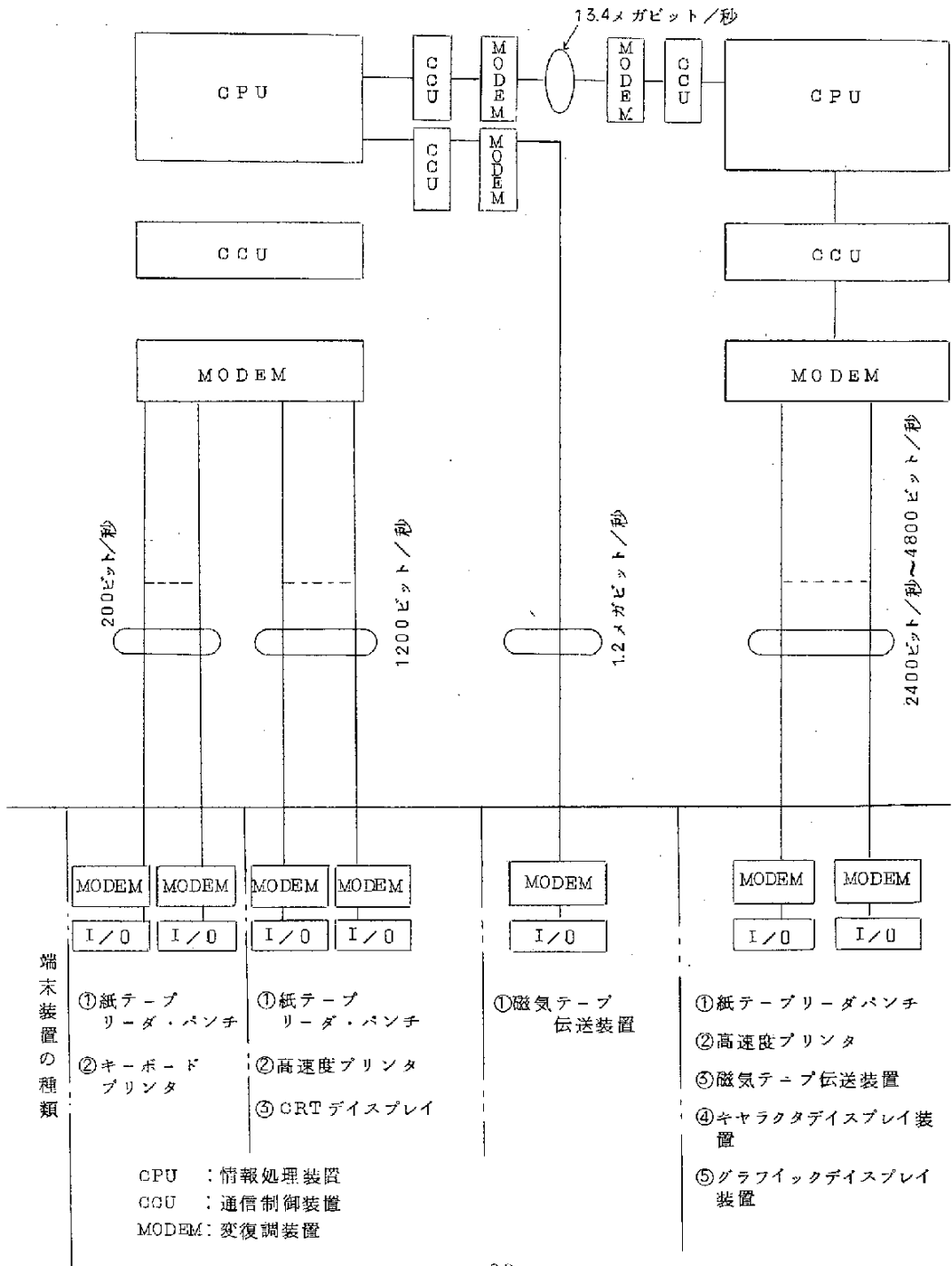
現在、磁気テープ装置の転送速度は速いもので150キロバイト/秒であるから、これを通信速度にすると1.2メガビット/秒となる。

(2) 処理装置のチャンネルの転送速度

転送速度を1.67メガバイト/秒とすると、通信速度は13.4メガビット/秒となる。

第4-1図および第4-1表にデータ伝送回線構成の1例と、速度とその利用種別を示す。

第4-1図 データ伝送回線構成の1例



第4-1表 音声帯域内のデータ伝送速度とその利用種別

通 信 速 度	使 用 さ れ る 端 末 装 置 の 種 類		
200ビット/秒	キ ー ボ ー ド	紙 テ ー プ リ ー タ ・ パ ン チ	
1,200ビット/秒			
2,400ビット/秒			
4,800ビット/秒			
		高 速 度 プ リ ン タ	
		C R T デ ィ ス プ レ ィ 装 置	
			磁 気 テ ー プ 伝 送 装 置

4・2 高速度データ伝送技術

4・2・1 音声帯域回線における高速度データ伝送技術

伝送帯域幅0.3～3.4 KHzの音声帯域回線における伝送速度としては、理想的伝送路を対象として、変調速度と信号速度が等しい場合を考えると、変調速度は、6,200 ボー/秒を超えることができないことは通信理論によって良く知られているところである。

国内においては、之までデータ信号速度1,200ビット/秒までの通信速度を周波数変調方式により実用化して来た。理論的には、6,200ボー/秒までの変調速度が実現可能であるにも拘らず、実際の伝送回線の諸特性（周波数特性、群遅延歪特性、雑音特性等）は理想的ではないから、周波数変調方式のように変調速度（ボー/秒）、とデータ信号速度（ビット/秒）が等しい変調方式においては、1,200ビット/秒のデータ伝送速度が上限と考えられ、CCITTの勧告においても、周波数変調方式は1,200ビット/秒以下のデータ伝送速度に適用されている。

このように、変調速度とデータ信号速度とが等しい変調方式を採用する限り音声帯域回線の回線特性から考えて1,200ビット/秒のデータ伝送速度が上限となるので、この帯域幅でさら

に高速のデータ伝送速度を得るためには、1回の変復調に対応して複数のデータ信号の送受信が可能な変復調方式を採用することが必要となってくる。

国内においては、2,400ビット/秒のデータ伝送速度がこの考えにより4位相変調方式を採用して既に実用化されている。即ち、1回の変復調に4つの位相の状態に対応させる。信号は1, 0の2種類であるから、それを2つずつ組合せて各々の位相の状態に対応させる。この対応を第4-2表に示す。

音声帯域回線において今後、近いうちに実用化される高速度データ伝送速度としては、4,800ビット/秒の速度があり、現在、日本電信電話公社において45年度を目途に、実用化の作業がすすめられている。

第4-2表 位相の状態とデータ信号との組合せ対応表

位 相 の 状 態		信 号 の 組 合 せ
状 態	1	0 0
〃	2	0 1
〃	3	1 0
〃	4	1 1

このほか、さらに高速度の回線としては、9,600ビット/秒が考えられるが、この可能性についても現在検討がすすめられている。この速度に関しては、もし音声帯域回線内で実現不可能な場合には音声帯域回線3回線分に相当する帯域でサービスされることとなるであろう。

このように、音声帯域回線を用いて高速度データ伝送を実現するためには、1,200ビット/秒以下のデータ伝送速度に対して採用して来た周波数変調方式に代って位相変調方式を採用することが必要となる。これを、使用者側の立場からみた場合、この両者の大きな違いは、周波数変調方式を採用したデータ伝送回線における変調速度は、端末装置が必要とする最高速度までの任意の速度が選べる（このような変復調装置をTransparentな変復調装置と称する）のに対して、位相変調方式を採用したデータ伝送回線では1回の変調に対して複数個の信号に対応させるため、変復調装置とデータ宅内装置との間で、タイミングの授受を行なって同期をとる必要がある。

現在、国内で実用化された方式では内部同期方式を採用しており、従ってこの同期用パルスは変復調装置側から供給されているので端末装置側で任意の速度を選ぶことはできない。（このような変復調装置をNon-Transparentな変復調装置と称する）

第4-3表に音声帯域回線を使用するデータ伝送速度を一覧表として示す。

第4-3表 音声帯域回線におけるデータ伝送速度

データ伝送速度	変調方式	記 事
1,200ビット/秒以下	周波数変調方式	実 用 化 済
2,400ビット/秒	位相変調方式	実 用 化 済
4,800ビット/秒	位相変調方式	実 用 化 中
9,600ビット/秒		検 討 中

4・2・2 広帯域回線における高速度データ伝送技術

データ伝送の伝送略として使用される通信回線は、電話回線を主体として設計されて来たものであり、多重回線群も一定の群別で構成されている。従って、データ伝送において必要とする速度を決定する際には、この群構成を十分考慮して最適の速度を選定する必要がある。第4-4表にデータ伝送回線として適用可能な通信回線の伝送帯域幅と可能なデータ伝送速度との関係を示す。

一方、データ伝送用諸装置の必要とする高速データ伝送速度は、第1表に示した範囲のものであると予想される。第4-5表にデータ伝送速度とデータ伝送用諸装置との対応を示す。

国内における広帯域回線を利用した高速度データ伝送回線の実用化は、現在積極的にその検討が行なわれており、目下48キロビット/秒の速度に関して45年度を目途に、日本電信電話公社の手により実用化がすすめられている。この方式に関しては、既に国際的にもCCITTにおいて勧告(案)が作成されており、その方式に準拠している。さらに、それ以上の速度に関しては、ひきつづいて、240キロビット/秒、500キロビット/秒等について、実用化のための検討がすすめられていく予定である。

第4-4表 通信路帯域とデータ伝送速度の関係

通 信 速 度	伝 送 路	
	F D M 方式	P C M 方式
4,800 ビット/秒	4 KHz (音声帯域 1 CH)	音声帯域1 CH
9,600 ビット/秒	12 KHz (前群; 音声帯域 3 CH)	—
48 キロビット/秒	48 KHz (群; 音声帯域 12 CH)	24 CH PCM
240 キロビット/秒	240 KHz (超群; 音声帯域 60 CH)	24 CH PCM
500 キロビット/秒	480 KHz (音声帯域 120 CH)	24 CH PCM
1.2 メガビット/秒	1,200 KHz (主群; 音声帯域 300 CH)	24 CH PCM
7.87 メガビット/秒		1,200 CH PCM
15.74 メガビット/秒		2,400 CH PCM

第4-5表 広帯域回線におけるデータ伝送速度とその利用種別

通 信 速 度	使用される端末装置の種類	
48 キロビット/秒	磁 気 テ ー プ 伝 送 装 置	処 理 装 置 相 互 間 の 伝 装
240 キロビット/秒		
500 キロビット/秒		
1.2 メガビット/秒		
7.87メガビット/秒		
15.74メガビット/秒		

4・3 データ伝送技術に関する海外の動向

4・3・1 CCITTの動向

4・3・1・1 概 要

データ処理とデータ伝送は同一基礎技術に立脚しているだけでなく、業務上においてそれぞれ不可分の相補的關係を持っている。しかしながらこの両者における技術革新度には相当な差が認められる。すなわちデータ伝送の母体である通信事業は、その公共性広域性という特性のため施設が巨大となることより新技術の導入は漸進的とならざるを得ず、また常に現存システ

ムとの統合を考慮しなくては新技術の適用も簡単に許されない。

現在国際間においては専用線形態でのデータ伝送または高速度メッセージ伝送が主となり、またデータ伝送交換網も同様に専用交換網として若干サービスが提供されているという実情であり、後者のサービスは未だ赤字経営で今後相当の期間この状態が続くものと予想される。

以上の理由から、将来の国際間のデータ伝送技術は概して前節までに述べられた国内網におけるデータ伝送技術に時には遅れることもあろうが、大体追随していくことになる。したがってこれからの記述においてはある程度重複が存在するかも知れないが、国際間の動向を総合的に眺めてみよう。

CCITT (国際電信電話諮問委員会) では主として一般回線網 (交換回線) における通信速度 1,200 ビット/秒までのデータ伝送に関する種々の問題について大体標準化勧告を完了したところである。専用線におけるデータ伝送に関しては余り標準化を急いでおらず、むしろ現状で標準化を急ぎ過ぎるとデータ伝送技術の発展を阻害するかもしれないとの配慮をしている。かかる立場で CCITT が今後のデータ伝送に対して当面している主要問題または技術動向を支配すると考えられる項目は次のものと認められる。

- (1) 200 ビット/秒までの電信形回線交換網
- (2) 1,200 ビット/秒を超える高速度データ伝送
- (3) 広帯域回線におけるデータ伝送および 40～50 キロビット/秒伝送交換網
- (4) 再伝送方式 (蓄積交換)
- (5) データ、電報、模写、電話等に対する統合通信網

なお、今日までに設定されたデータ伝送関係の CCITT 勧告を参考のため第 4-6 表に示す。

第 4 - 6 表 C C I T T 勧告一覧

(1 9 6 8 年 末 現 在)

項 目	題 名	高速伝送 との関連
V ₁	バイナリ表示シグナルと 2 進状態コードの有意状態の対比	○
V ₂	電話回線へのデータ伝送電力レベル	○
V ₃	国際アルファベット No 5	○
V ₄	アルファベット No 5 に対する符号構成	
V ₁₀	50 ボー データ伝送に対するテレックス網の使用方法	
V ₁₁	テレックス網で自動起呼及び応答	
V ₁₃	アンサーバック・コード・シュミレータ	
V ₂₁	電話回線に使用する 200 ボー モデム	
V ₂₂	一般電話交換網での同期データ伝送の変調及び信号速度	○
V ₂₃	一般電話交換網用 600 / 1,200 ボー モデム	
V ₂₄	インターフェースの機能と特性	○
V ₂₅	一般電話交換網での自動起呼応答手順	
V ₂₆	四線式専用回線での 2,400 ビット/秒 モデム	○
V ₃₀	電話回線での並列データ伝送	
V ₃₅	60 ~ 108 KHz 群帯域回線での 48 キロビット/秒データ伝送	○
V ₄₀	電気機械装置の誤り	○
V ₄₁	サイクリック・コード誤り制御	○
V ₅₀	データ伝送品質限界の標準	○
V ₅₁	データ伝送用国際電話回線の保守組織	○
V ₅₂	データ伝送用歪および誤り測定装置の特性	○
V ₅₃	データ伝送用電話回線の保守限界	○
V ₅₅	データ伝送用インパルス性雑音測定器	○
A ₂₀	データ伝送に関する他の国際組織との協同研究	○

(注 : ○ 印 関連あり)

4・3・1・2 200ビット/秒までの電信形回線交換網

現在のテレックス交換網は未だ発展拡大を続けている実情であるが、50ビット/秒という低い通信速度、5単位符号専用および半2重通信方式などという根本的制約より、データ伝送には余り歓迎されないシステムである。このため現在の印刷電信機器技術の応用と端末にMODEMを必要としない電信形回線構成で可能である。200ビット/秒までのデータ伝送用の交換網は、当面しているデータ伝送需要に対し最も現実的経済的なシステムではなからうかと考えられ、すでに面ドイツにおいてはこのサービスの提供が開始され各国の注目をあびている。

しかしながら、この交換網は現存のテレックス交換網と別個に設立しなければならないことと、またデータ伝送としては200ビット/秒を超える速度のものが本格的需要になるとの予想も否定出来ないことよりこのサービスを国際間に標準化することは比較的困難が考えられる。

この問題は国内網におけるこの種サービスの必要度と関連するが、技術的には異なる通信速度のシステムまたは電信形回線と電話形回線などの相互接続の可能化に依存していると言える。後者については改めて述べる。

4・3・1・3 1,200ビット/秒を超える高速度データ伝送および広帯域伝送

前述の如く一般電話回線網を主体とする分野においては1,200ビット/秒以下のデータ伝送の諸問題を一応標準化し、この分野については若干活動が緩慢となるであろう。したがって1,200ビット/秒を超えるデータ伝送については専用線サービス分野に対し関心が積極的となろう。またこれらの結果を一般交換網に適用する努力が当然続けられることも疑われない。

この方面において確定的なものとしては2,400ビット/秒のデータ伝送がある。これはMODEMに4相の位相変調を使用しDibit という符号2単位分でその位相変化量を決定する。また位相変復調については差堂同期方法が有利と結論が得られている。この方法はさらに比較的容易に3,600ビット/秒、4,800ビット/秒、7,200ビット/秒の通信速度へ発展することを考慮しつつあり、出来れば9,600ビット/秒までもという意欲も存在する。

上記の高速度化技術は2元符号すなわち2値で表わされる状態が伝送路上の信号状態であることが大体原則となっているが、伝送路は必ずしも2値条件のみに限定される必要はないので、3値、4値という多値の信号を利用しての高速度伝送も種々実用に移されるであろう。

データ処理が要求するデータ伝送速度の最高値を簡単に限定することは許されない。このためこれまでの一定の帯域市例えば音声帯の4KHz市を如何に有効に利用しようかということよりの高速度化より、むしろ本質的に高速度データ伝送のためには必要とされる十分な帯域市を

提供出来る広帯域回線の規格化を急ぐことになってきた。

広帯域回線の帯域巾としては種々なものが想定されるが、伝送路構成技術上よりは搬送電話多重方式における標準化単位としての群単位すなわち、48KHz帯域巾がまず対象となる。現在この広帯域回線では40.8キロビット/秒がすでに一部では実用されているが、規格化としては残留側帯波方式での48キロビット/秒および72キロビット/秒などが取り上げられている。これに続く広帯域回線はやはり超群単位としての240KHz帯域内である。

これらの広帯域回線はコンピュータ相互間の直接データ伝送の用途にも十分対処可能となるう。

一方、広範囲な使用便宜上よりは、例えば、

データと電信の伝送

データと通話の伝送

データとファクシミルの伝送

等のように、使用形態に応じて分割して使用することを要求されることが考えられる。これに対処するためには、周波数分割技術乃至時分割技術が存在するので、技術的にはそれほど困難はないが、通信回線の伝送特性を十分考慮に入れて分割装置を設計する必要があり、従って、一般的サービスとして標準化することにはなお検討の余地がある。

また、高帯域回線の交換網が必要となることも大きな課題で今後真剣に取り上げられるであろう。

4・3・1・4 再伝送方式(蓄積交換)

信号の伝送は本来、信号(またはその意義を少し拡大して情報)をそのまま正しい伝達することを意味する。すなわちデータ伝送においては何時いかなる場合にも、そのデータ内容やタイミングを修正しないで端末から端末への伝送することが重要である。

この原則は両端末を直接固定接続している場合にはそのまま成立する。また一方交換網構もこの原則遂行を唯一の目標とし、また技術上の困難性もあって交換装置に回線交換接続機能のみに大部分が設計されている。しかしデータ処理の多方面への拡大利用に従い、種々特殊な便宜も要請され、特に次の事項についてはデータ伝送途上で解決する必要性が増している。

- (1) 異なる通信速度、または異なる符号を使用する端末間の相互接続。
- (2) 多重宛名、放送、会議などと関連する同時多数への伝送。
- (3) 中継線および特に相手端末の話中などの場合には起呼側の要求により交換側で一時代理受信を行ない、責任をもって後刻それを被呼側に送達する。

このような要求は、従来技術的困難のため敬遠されていたが、全く高度の機能を発揮出来る電子式交換装置も実用段階に達し、また複雑な交換機能の制御には電子計算機システム自体の実用も開発されてきた現在においては、交換装置側でデータの一時蓄積を行ない再伝送方式の交換網を設立することにより、これらの諸要求を比較的容易に満足することが出来る。この場合伝送される情報自体には本質的変更や処理は行なわれぬ。データ伝送網における再伝送方式の導入の検討が行なわれるであろう。特に国際間においては、中継線が貴重な存在であり、再伝送方式はこの中継線の使用効率を高めるので興味が持たれている。

4・3・1・5 統合通信網方式

前節においては異なる通信速度や符号の問題を取りあげたが、電子計算機の入出力信号は今後ますます多様化に進み、電信信号すなわちデジタル信号のみでなくアナログ信号もまた重要なデータ媒体として使用される。

どんな使用条件の端末にも対応可能なデータ伝送網を設立すること、また他方各種用途別として分割損を生ずる効率的でない通信網経営を避けることが最も基本的条件であるが、これまでは単に理想として考えられていたが、今やパルスコード変調(PCM)技術や電子計算機技術などの確立により統合通信網というデータ、音声、ファクシミリ、テレビその他種々の用途に何等制約を与えず共通に自由に使用出来る回線網設立も可能の見通しが得られるところとなった。この種回線網の成立により、国際間のデータ伝送にも飛躍的革新がもたらされるであろう。

4・3・2 米国などにおける高速度データ伝送技術

4・3・2・1 広帯域回線でのデータ伝送

今後の高速度データ伝送の技術は広帯域回線を対象にして進展する。音声帯域すなわち4KHz巾を超える帯域の回線は広帯域回線と言ってもよいであろうが、前述の如く標準的には群帯域の48KHz巾や超群帯域の240KHz巾のものが考慮される。現在、広帯域回線の用途としては、磁気テープ相互間または電子計算機相互間のデータ伝送や、新聞関係の高速ファクシミリ伝送が存在する。国際間においては大西洋上の通信衛星を経て欧米間で40.8キロビット/秒のデータ伝送が試行的に実施されている外、米国内の広帯域回線サービスがカナダに延長されているなどで国内でのサービス状況に較べて相当遅れているが次第に増加しつつある。

48KHz帯域回線の諸元を参考として第4-7表に示しておいた。データ伝送技術上、如何なる変調方式を標準とするか相当多くの議論が存在したが、多位相変調は同期方式のものに限定されるので、ファクシミリなどの非同期方式の信号伝送も可能であり、また多重レベル(多

値) 伝送により一層の高速化も見込まれ、装置自体も比較的簡易となることなどより、残留側帯波方式 (VSB: Vestigial side Band) を採用するところとなっている。

高速度伝送には高品質の伝送路が必要であり、伝送路の特性補償、瞬断インパルス性雑音、位相の急変等の規正が望まれる。広帯域伝送については大西洋衛星系での実績より A T & T が回線設計の基礎としている特性を第 4-8 表に示す。

国際的にはパイロット信号の規準も未だ合意に達していないなど問題が残っており、特に将来一般的広帯域回線交換網の国際的設定にはかなり時期を要する問題が多いのでこの種サービスの具体化に検討研究が集中するであろう。

第 4-7 表 60~108 KHz 帯域による 48 キロビット/秒
端末装置の主な特性

入出力信号	矩形複流バイナリ直列信号
伝送速度	同期式 48,000±1 ビット/秒
変調方式	残留側帯波振幅変調方式 i) 搬送波, 100 KHz±2 Hz ii) 信号レベル, -5 dBm0 iii) パイロットレベル, 信号レベルより 9 dB 減 iv) パイロットの位相同期, ±0.04 ラジアン以内
電話打合	使用帯域 60~108 KHz のうち 104~108 KHz を電話打合回線とする
隣接チャンネルへの影響	15~58.5 KHz 又は 105.5~178.5 KHz への漏洩 -60 dBm0 以下 (3 KHz 巾)。また, 上記帯域よりの 60~108 KHz 帯域への漏洩 -40 dBm0 以下 (3 KHz 巾)
その他	104.08 または 104.14 KHz に基準群パイロットを伝送する設備を有すること。

注: 次の伝送も必要に応じ可能とする。

- a) 同期式 40,800±1 ビット/秒
- b) 白黒ファクシミリ伝送の調歩同期のための 20~200 ミリセカンド長のエレメント

第4-8表 48KHz広帯域データ回線の特性

(A T Tにおける技術目標値)

	中 央 局 間	中央局と利用者間
損失・周波数特性	65~100 KHz間 2dB以内	データセットの周波数帯域内で 2dB 以内
群 遅 延 歪	上記帯域内偏差±15μsec 以内 スロープ 15μsec 以内	上記帯域内偏差±5μsec以内 スロープ 5μsec以内
雑 音	54dBRNO (平坦)	50dBRNO (平坦)
インパルス雑音	77dBRNO (平坦)を越える 回数45回以下/30分	同左 90回以下/30分
単周波信号成分	-44dBm0 以下	-50dBm0 以下

4.3.2.2 米国における状況

(1) A T & T会社

1961年より専用線サービス的一种として、テルパック・サービス (Telpak: Telecommunication Package Service) という呼称で、48KHz、96KHz、240KHz、960KHzの4種の広帯域回線の提供を開始した。しかし、米国内料金制度上の問題より、現在ではこのうち48KHzと96KHz帯域のサービスは廃止している。このサービスにおいては、利用者は自己の賃貸した広帯域回線を単一通信路として使用することだけでなく、使用目的に応じ電話や電信の回線群に帯域を分割使用することが出来る。ただし、回線分割のための端末設備はA T & Tが提供する。

高速度データ伝送として現在よく専用されている広帯域回線は48KHz帯域のもので、これにはMODEM 301-Bを提供しているが、これは相変調方式で通信速度40.8キロビット/秒のものである。

今後の広帯域回線用にはMODEM 303-Aシリーズが開発されており、これは4KHzの音声帯域の整数倍の帯域利用に対応し、同期、非同期の何れにも、また音声サービスチャンネル付加なども考慮して設計されているが、代表通信速度としては19.2キロビッ

ト/秒, 50キロビット/秒, 200キロビット/秒, 230.4キロビット/秒, 250キロビット/秒がある。参考としてこのシリーズを第4-9表および第4-10表に示してある。

第4-9表 データセット303Aモデルショップの一覧表

データセットコード (Model shop)	速 度 (2)	同期 非同期	受信器低減炉 波器の状態(1)	通過ブロック
X303A10A(M10)	半 群	非 同 期	50%	-
X303A10B(M10)	半 群	同 期	50%	内 部
X303A20A(M10)	群	非 同 期	50%	-
X303A20B(M10)	群	同 期	50%	内 部
X303A20C(M10)	群	非 同 期	100%	-
X303A20D(M10)	群	同 期	100%	内 部
X303A30A(M10)	超 群	非 同 期	50%	-
X303A30B(M10)	超 群	同 期	50%	内 部
X303A30C(M10)	超 群	非 同 期	100%	-
X303A30D(M10)	超 群	同 期	100%	内 部
X303A20A(M11)	群	非 同 期	50%	-
X303A10B(M12)	半 群	同 期	50%	内 部
X303A10E(M13)	半 群	同 期	50%	内 部

注 (1) Cosin roll offの値で, 100%は帯域制限のないT1搬送とか中継Cable の場合で50%は帯域制限ある場合で搬送装置を使用する場合である。

(2) 半群は最高19.2KB/S 群は最高50KB/S 超群は最高250KB/S

第4-10表 データセット303Aシリーズの性能

項 目	内 容
データ信号速度	半群 19.2KB/S 群 50.0KB/S 超群 200.0KB/S 250KB/S 〃 230.4KB/S
直列データモード	非同期（ファクシミリ伝送す） 同期 交互使用
送信クロック	内部 外部
再 生	受信側のみ 送受信側
エネルギー分散	スクランプリング
線路信号	微分された両極ベースバンド VSB（半群）
信号波形整形	帯域制限（N L搬送路） 帯域制限なし（T1 中継（sbb））
加入者インターフェイス	平衡 不平衡

（注） 非同期式はファクシミリ伝送にも使用出来る。

(2) W. U. 会社

この通信会社では音声用でなく記録通信用として建設した75,000マイルにおよぶ大陸横断マイクロウェーブ回線と、ベル・システムよりワシントン-アトランタ間その他一部の区間および市内部分を超群単位で借用した回線などで、1964年より広帯域回線交換網サービスを開始した。現在、米国内39都市およびカナダの一部地方に至る交換網となっており、2KHz, 4KHz, 8KHz, 16KHzおよび48KHzの回線の交換サービスが提供されている。ただし、8KHz, 16KHz帯域は未だ完全サービスになっていないので広帯域回線としては48KHz帯が代表となっている。この交換網サービスをダイヤル・バックとも呼んでおりプッシュボタン式の7桁ダイヤル(交換局番号3桁, 使用帯域指定番号1桁, 加入者番号3桁)で加入者と使用帯域が自由に選べるようになっている。またこれには自動起呼, 自動応答, より狭い帯域利用の端末への接続, 全二重通信, データと音声の同時通信なども可能であるよう配慮されており, 端末のMODEMとしてもAT&TのMODEMとの互換性が十分考慮されている。

(3) その他

米国には上記以外に多数の通信会社があるのでそれぞれデータ伝送サービスを提供している。しかし、このサービスの将来の動向は前記会社が最もよく表わしていると考えるのでこれ以上述べないが、I. T. T. 会社で開発されたInterpolated Data and Speech伝送方式は少し一般方式と異なっているのもう一度ここに取り上げてみる。現在この方式はデータ伝送としては高速度伝送とは言えないものであるが、音声とデータの同時伝送という中継回線(又は長距離回線)の使用効率を高める方式であるため国際間などでは特殊な用途に対して興味ある方式と言える。

電話による会話も一般と同じく必ず話の問合ひがあり、このような通話に存在する沈黙時間にデータ情報を挿入して、一つの回線を通話とデータ伝送に同時に利用させる重畳方式である。すなわち音声をあらかじめ600ミリ秒の間隔で磁気記憶装置に記憶させ、ボタン処理を行なって、音声情報が知覚に影響しない区間を抽出し、ここにデータ信号を挿入伝送する。したがって会話者には音声とデータの両方の信号が送られるがデータ信号の影響は十分少ないよう設計されている。

他方、賃貸サービスにおいては、1967年12月より米国の国際通信業者はF. C. C. (連邦通信委員会)より音声級専用回線を利用者が自営による端末設備を使用して利用者自身が分割使用出来る業務の提供を認可されたので、各通信業者ともこの方面のサービスを積

極化している。

英国ではいままでも国際間ではファクシミリ1回線と電信3回線までの程度の分割自営を認めていたが、他の国では殆んどこのサービスを実施していなかった。しかし米国のこの状況に対応するためこのサービスの検討も進展するだろう。

4・3・2・3 欧州における状況

英国では48KHzおよび240KHz帯域のサービスを開始しているが、とりわけて記す特徴がないと考える。特徴を持っているものとしては1970年代に実用化を目指している西ドイツのEDW₁システムである。このシステムはテレックス、チェンテックス、ダテックスおよび広帯域網などのすべてのデジタル伝送網を統合する電子式交換システムで、電話交換網を利用して加入者がデータを伝送することも可能にしている。このシステムに接続される網は、伝送速度に従って3つのクラスに分類され、加入者からのすべての呼に対し被呼加入者がクラス識別符号を返送することにより、クラス間の誤接続が防止される。このグループの一つに高速度データ伝送があり、この中には、2,400ビット/秒、4,800ビット/秒、10キロビット/秒、50キロビット/秒、250キロビット/秒が計画されている。

このEDW₁には低速度から高速度にわたる各種デジタル交換網を統合する構想が結実したと認められる。

4・3・3 国際間での問題の要約

国際間のデータ伝送技術については上述のところで大体の傾向は諒解されるところで、一応要約を記すことにする。

大陸内はもちろんのこと、大陸間においても大洋横断海底ケーブル回線や通信衛星回線により比較的容易に広帯域回線が設定されるようになった今日では、高速度データ伝送に対して特別な技術的困難は存在しなくなったと言える。もちろん国際間の規格標準化の細部についてはいろいろと問題がないではないが、これらは容易に解決されるであろう。むしろ今後真剣に検討されるべき本質的問題は、これらの回線を端末側より如何に自由な使い方が出来るかということ、通信速度などが異なるシステム間の相互接続などを可能にすること、必要なとき必要な時間使用出来る広帯域回線交換網であることなどであろう。これらの国際間の問題も、回線網の拡充が通信媒体よりの制約を受けなくなったことと、制御その他に電子計算機技術を大巾に応用することなどにより、案外解決されることが早いと予想される。

禁 無 断 転 載

昭和44年1月発行

発行所 財団法人 日本情報処理開発センター
東京都港区芝公園21号地1番5
機械振興会館内
TEL (434) 8211 (代表)

印刷所 (有) 盛 光 印 刷 所
東京都千代田区飯田橋4の6の3
TEL (264) 1851 (代)

請求 番号		HPOED 43-R002資料.1		登録 番号	
著者名		情報処理技術の将来			
書名		(5年~7年後の予測) 中間報告書			
所属	帯出者氏名	貸出日	返却 予定日	返却日	

