56－R 014

マイクロコンピュータとその利用技術の将来

―拡がる知的利用へのニーズと技術―

昭和57年3月

JIPDEC

財団法人 日本情報処理開発協会

この報告書は，日本自転車振興会から競輪収益の一部である機械工業振興資金の補助を受けて，昭和56年度に実施した「マイクロコンピュータの応用に関する調査研究」の一環としてとりまとめたものであります。

はじめに

近年，マイクロコンピュータはあらゆる産業分野において利用され，そのすぐれた特質は第２次産業革命の核とさえいわれており，現在は無論のこと将来の社会，経済に多大なインパクトを与えるものとして大きな期待が寄せられている。

しかしながら，マイクロコンピュータは各種機器の多様な制御，あるいは事務処理や家庭におけるパーソナルコンピュータとして利用されるばかりでなく，人間の創造力を支援するための道具として，人間の知的能力の拡大，あるいはまた様々な問題解決にも利用されるべきものとの指摘が多くの識者によりなされている。

当協会では，昭和53年度にマイクロコンピュータ振興センターを設置し，各種の調査研究を行っているが，本年度においては，上述のような観点から，知的活動に利用する個人用マイクロコンピュータシステムへのニーズと，今後のマイクロコンピュータの発展を支える中心的な技術動向について調査研究を行った。

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

昭和５７年３月

マイクロコンピュータ応用技術調査委員会

（順不同，敬称略）

委員長	西川禕一	京都大学工学部教授
委員	田丸啓吉	京都大学工学部教授
〃	真弓和昭	松下電器産業㈱ 情報論理研究所第一開発室長
〃	大野徇郎	日本ビジネスオートメーション㈱ ソフトウェア工学研究室長
〃	三田　輝	アンドールシステムサポート㈱ 代表取締役
〃	黒川利明	東京芝浦電気㈱総合研究所
オブザーバ	稲積義登	通商産業省機械情報産業局情報処理振興課
	佐藤昌彦	通商産業省機械情報産業局電子政策課

事務局　（財）日本情報処理開発協会マイクロコンピュータ振興センター

目　　次

序　　論

序　論

マイクロコンピュータの普及，いわゆるマイコン・ブームは，昨今，まさに隆盛を極めつつあるかにみえる。それはもうブームというよりはフィーバーというべきであろう。技術革新の担い手として，マイクロエレクトロニクス，メカトロニクス，ファクトリー・オートメーション（ＦＡ），フレキシブル・オートメーション（ＦＡ），オフィス・オートメーション（ＯＡ），パーソナルコンピュータ，あるいは人工知能，知識ベース，情報資源などなど，きらびやかに登場し，あまねく人口にかいしゃしつつある新しい技術概念の背後には，すべてコンピュータ，わけてもマイクロコンピュータの影が見えるのである。

それらの中で，最近特に目を引くものの一つがパーソナルコンピュータである。現在のところは８ビット機種が主流であるが，昨年あたりから１６ビットのプロセッサも幾つか市場に姿を現し始めたし，それにもう３２ビット・プロセッサが具体的になりつつある。つまり，時代の流れは８ビット主流からよりビット幅の大きい，より高度なプロセッサを中心としたハードウェアに変わりつつある。

本委員会においても，１６ビット・マイクロコンピュータが本格的に登場しようとしていた昨年度の空気の中で，既に「１６ビットマイクロコンピュータの動向」に関する調査研究を行い，昨年３月にはそれに関する報告書をまとめた。その調査の眼目はおよそ３つばかりあった。すなわち，まず第一はマイクロコンピュータの技術・利用体系を整理し，その中から１６ビット・マイクロコンピュータの果たすべき役割り，そして応用分野と利用の動向を見極めようとしたことである。第二には，高位機種になった場合にますます重要性を増すソフトウェアの問題点，特に現状でもかなり混乱の生じているシステム記述言語の問題について，詳細な分析と言語の具体的な比較評価を行い，そこから言語を中心とする今後のソフトウェア体系のあり方，開発

のあり方について，方向性を見出そうとした。さらに第三には，マイクロコンピュータの開発において極めて重要な存在であるエンドユーザの声を聞き，その実態を探ろうとした。従来のマイクロコンピュータの発達の過程では（コンピュータ全体の歴史でもそうであったが），主導力・駆動力はほとんどが供給者（メーカ）の側にあり，利用者（ユーザ）達は目まぐるしく変遷する技術内容にとまどいながら，何とかそれに追随していこうとしていた。これは決して好ましいあり方ではなく，両者の交流と意思の疎通によって，より健全な今後の展望が開けるであろう。

以上のような背景と，３２ビットまでが具体化しつつある現今の状況を踏まえて，マイクロコンピュータ，特にパーソナルコンピュータと呼ばれる個人利用のそれが，今後順調に発展を遂げるためには，どのようなハードウェアとソフトウェアの技術展開を必要とするのか，わけてもユーザは現状で何を不満とし，将来に何を待ち望んでいるのかを探ることを目的として，本年度調査の主題が設定された。

そこでまず，かなり広範囲なユーザを対象として，その意見・不満・希望を聞くためのアンケート調査が計画された。調査のテーマは「知的活動に利用する“個人用マイクロコンピュータ・システム”に関する意見調査」である。わざわざ「知的活動に利用する」と冠したのは，マイクロコンピュータは今や単なる計算の道具ではなく，人間とのインタラクションによってその高度の知的活動をサポートする道具として利用され始めている。またそのような機能は今後一層重視されるようになるであろう，との認識をもち，その点を明示したかったからである。

ユーザはもちろん様々な人びとから成り，コンピュータについてのプロ，セミプロ，そして多数のアマチュアなどが含まれる。従って，その立場と環境によって回答は大きく異なるかもしれない。本来は，それらをまんべんなく集計，集約すべきであろうが，最初からあまり大規模な調査を実施することは実際上不可能であるから，今回は調査の対象を大学（ただし専門分野は

技術分野に限ることなく，医学や心理学の方も含めた），電子機器メーカ，一般企業の研究部門，ソフトウェアハウス，システムハウスなどの代表的な研究者，技術者に限定することにした。それらの方々は，最も代表的なユーザであり，いわばオピニオン・リーダである。そして明確な意見と将来のイメージを持たれていると考えられるからである。

調査は技術的な理由で郵送形式によったが，かなり多くの方々から多岐にわたる貴重なご回答を得ることができた。その詳細と，委員会による回答結果の分析及びコメントを，本報告書第１部にとりまとめた。

続いて第２部では，第１部で提起された諸々の課題と関連させながら，パーソナルコンピュータの今後の発達のための，中心的な技術動向について展望を試みる。すなわち，３２ビット・マイクロプロセッサ，注目されるシステム記述言語Ada，多様化が期待されるマンマシン・インタフェイス，情報流通のカナメとなるローカル・ネットワーク，そしてそれらを包含したシステム化技術の問題を取り上げたわけである。

まず第１章では，３２ビット・マイクロプロセッサ登場の背景，すなわちプロセッサの能力向上の要求とそれに応える半導体ＬＳＩ技術の進歩，そして想定される応用分野を概観した後，現在発表されている各社のプロセッサの特徴を比較検討する。中でも最も代表的と考えられ，また資料も整っているIntel社のiAPX４３２について（商業ベースで利用できるものとしては，現在のところ唯一のものである）；プログラマの立場からみた概要を述べる。

第２章は，アメリカ国防総省主導のもとに開発され，また今も開発が続けられている新しい言語体系Ada について，その開発の動向，言語仕様の概要及びプログラミング・サポート環境についてまとめたものである。Adaは本委員会の昨年度の調査報告においても最も高い評価を与えられた言語の一つであり，今後の発展と導入が注目されている。

第３章では，ユーザ側からの要求が特に多かったマンマシン・インタフェイス

について，最近の話題と今後の動向を述べる。すなわち代表的なものとして，まず音声合成の諸方式と各社から発表されている製品を具体的に紹介し，ついで最近の音声認識技術について解説する。また，オンライン漢字認識（手書き文字入力）の諸方式を概観し，その他の興味ある対話型入力装置（透明入力スクリーンとマウス）についても触れる。

第4章ではローカル・ネットワーク（正式にはローカル・エリア・ネットワーク，LAN）の問題を取上げた。オフィス・オートメーション（OA）の概念に代表されるように，例えば一つの企業内の情報流通を強化したいというニーズと，一方では通信ネットワーク技術の進歩ならびに低価格化により，ローカル・ネットワークの重要性，現実性が急速に増加しつつある。そこでこの章では，ローカル・ネットワークの概念，出現の経緯，ネットワークを用いた分散処理の特徴と長所，種々の接続方式の特徴と現状，大域的な公衆ネットワークとの接続の問題，標準化とわが国における将来の見通しなどについて述べる。

最後の第5章は，32ビット・マイクロプロセッサの登場に象徴されるような，知的技術環境におけるシステム化技術のあり方について論じたものである。そこでは，近来のインテリジェント化された工業製品群は，要するに人間・機械・コンピュータの三者結合により実現されてきたものであるが，LSI技術の進歩により人間と機械・コンピュータ系の親和性をより改善する機運が生まれつつある，というのが基本的な認識である。今後のシステム化技術の基本的な考え方として，3F，すなわちFashionable，Fine，かつFlexible であることが要請されるが，VLSI，通信技術とそのメディア，マンマシン・インタフェイス，センサー，分散処理などの新しい技術が，どのようにシステム化にインパクトを与えるかを展望する。

以上に述べたように，本報告書はパーソナルコンピュータの知的活動への利用が今後本格化するであろうとの時代的認識を踏まえて，まずユーザ側から意見と注文を頂いてそれを集約・分析し，それを受けた形で将来の核心的

技術を展望し，またそのあり方について議論した結果をまとめたものである。全委員により前後5回の討論が重ねられ，大方は共同の認識と意見に基づいて書かれているが，部分的には直接執筆した委員個人の立場と見解を反映した点もある。そのことをご諒承願ったうえで，読者諸兄のご参考に供して頂きたいと願うものである。

なお，第2部第4章4.4節ローカルネットワークと公衆網の接続をとりまとめるにあたっては，日本電信電話公社技術局データ交換網担当調査役 遠藤 力 氏 のご協力を頂いたことを記し，深謝の意を表するものである。

第１部　個人用マイクロコンピュータの現状と将来のニーズ

（知的活動に利用する個人用マイクロコンピュータシステムに関する意見調査結果）

第1部　個人用マイクロコンピュータの現状と将来のニーズ

マイクロコンピュータの歴史もはや10年という歳月を経たが，ここに至ってブームの勢いは一段と加速されてきた感がある。マイクロプロセッサが活躍する産業分野は拡がる一方であり，応用機器の機能の高度化も著しいが，それに加えて最近は本来のコンピュータとしての商品化も質・量ともにますます充実し，拡大されてきたと見られるからである。

コンピュータとしての活用は，いうまでもなく，用途の目的に応じた小形機種の分散的利用に最大の特徴を発揮する。最近ではプロセッサのビット数，メモリーの形態と容量，ソフトウェアの種類とレベルにもバラエティが増し，小形のコンピュータとして，オフィスコンピュータ（オフコン），ホームコンピュータ，そしてパーソナルコンピュータ（パソコン）という一連の呼び名も，あまねく人口にかいしゃするものとなってきた。これらの著しい特徴は，ひとくちにいって，コンピュータというツールの脱専門家化，あるいは大衆化といってよいであろう。もう十年も前，いや数年前ですら，コンピュータはすぐれて専門家的なツールであった。高度な知識を有し，特殊な訓練を経た者だけが近づくことができ，利用を許されるものであり，一般の人びとにとっては遙かな距離をおいて眺めるしかない，いわば神秘的ですらある存在であった。

それがどうだろう。この頃では電化製品の量販店の目玉商品はマイコン，パソコンという有様である。電化製品の専門店ばかりではない。街の中のちょっと気のきいた文房具屋ですら，小形のパソコンにお目にかかることができるのである。単なる電卓ではなくて，れっきとしたコンピュータであり，数百のステップものプログラムができ，プリンタやディスプレイ端末も装着できる。それらを自由に手にとってみて，キーボードを叩き，ディスプレイを覗きこむことができる。値段も，数万円から一通り使いものになるものが

ある。そして一般のビジネスマン，サラリーマン，小売商店主，主婦等々，中でも小学校から高校に至る児童や生徒に大きな人気があり，大学生ともなればアマチュアながら時には小づかい銭の一つも稼げる道具にもなるのである。

また本屋へ行けば，必ずかなりのスペースを割いてマイコンコーナー，パソコンコーナーが設けられている。おびただしい種類と数の入門書，解説書，それにやや専門的なプログラム・マニュアルやソフトウェアの参考書が並んでいる。ホビーからビジネスにわたる各種の階層を対象とした雑誌の類もますますふえるばかりだし，一般週刊紙の特集号も出始めている。まさにブーム，それもかなり熱の上ったホット・ブームなのである。

このような現象は何故起きたのか，それを可能にしたものは何か，それは今後質的，量的にどのような傾向をたどるのか，そして，ブームはほんものなのか，いつまでも続くのか？　当然に，そういった問いが次々と湧き起こる。もちろん，それらに対していくつかの答えは既に用意されている。しかしこれまでの答えは，殆んどすべての場合，ものの供給者，つまり与え手の側から用意されている。いうまでもなく，ものマーケットは供給者と需要者（受け手）によって成立つ。経済原理の教えるように，マーケットにおける供給と需要とのバランスによって，その規模が決まり，またその拡大の速度がきまる。さらには価格も均衡価格として決められるはずである。

しかし，マイコンに関してはこのような通常の市場原理は当てはまりそうにない。それは何故か？　簡単にいうならば，技術革新をテコにした供給側（サプライサイド）の主導力によってマーケットが形成され，拡大され，さらには価格も定められてきたといってよいからである。つまり，シーズが主導してニーズを形成し，成長させてきたといってもよい。技術革新のコア・シーズは，もちろん半導体技術の急激な進歩，すなわち（超）ＬＳＩの材料，集積，加工の技術の進歩であり，またそれによる価格の着実な低廉化である。技術が変化し，進歩する過程では，多かれ少なかれそのようなダイナミック

な市場の膨張が起こるものであろう。そして，それにはそれなりの正当な理由があり，一種の合理性があるといってもよいであろう。しかしコンピュータの市場では，その長い歴史にわたってサプライサイドが先行し，デマンドサイドはそれに追従するのが常であった。これはマイクロコンピュータ時代になって，技術革新の速度の大きさ故に，特に顕著な現象であるとみられる。

もちろん，いかに技術革新のシーズが強力であっても，潜在的な需要が存在しなければ豊かな市場が形成されることはない。マイクロコンピュータにしても，初めから潜在的な需要が豊富にあり，シーズの駆動力によってそれを顕在的なものに転化し得たのだという見方は，その意味で間違っていない。しかし，将来市場の健全な発展のためには，このあたりで一度デマンドサイドの実態をじっくりとさぐってみることが必要なのではないか。殊にマイクロコンピュータ，パーソナルコンピュータといった，不特定多数の市民を対象にした商品であるならば，単にサプライサイドの専門的な見通しや予測だけでは，的確にニーズの実態を把握することはできないのではないか。ニーズは単に専門的技術によって決まるのではなく，将来の個人生活や社会生活のあり様とその水準，そしてその背景となる個人及び社会の選好と経済状態などによって決まるのである。いずれにしても，他の技術におけると同様に，コンピュータは究極的にはユーザのためにある。

そのように考えてみれば，マイクロコンピュータやパーソナルコンピュータ，あるいはオフィスコンピュータなどについて，もちろんユーザというものはあってもその実態を確かめたという調査はあまり聞いたことがない。ユーザは現在のマイクロコンピュータをどのような用途にどの程度利用しているのか，どのようなメリットを実際に享受しまたどのような不満を感じているのか，そしてさらに今後のコンピュータに何を期待し，どのような用途への拡大を想定しているのか，自らの所有するパーソナルコンピュータのハード的な規模と構成にはどの程度のものを予定し，ソフトウェアにはどのような変革を要求しているのか，また価格的にはどのくらいのものを希望し購入

可能と考えているのか？

ユーザはもちろん様々な人びとから成り，コンピュータに関していえばプロ，セミプロ，そして多数のアマチュアを含んでいるだろう。だから上のような問いに対する回答もまた多様なものであるに違いない。それらのすべてを網羅的に知ることは不可能だとしても，代表的な，しかも一定の根拠をもって答えを出して頂けそうな方々から，生の声を是非聞いてみたいし，また聞くべきである。このような問題意識に基づいて，本調査委員会では「知的活動に利用する個人用マイクロコンピュータ・システムに関する意見調査」を実施した。実はわれわれの委員会では，既に昨年度，小数のユーザを対象として対話による聞取り調査を実施しており，その結果は昭和５５年度の報告書「１６ビットマイクロコンピュータの動向 ― その応用分野と高位言語を展望する ― （５５－Ｒ００７）」の第６章に掲載されている。その結果を参考にして，本年度の調査はより多くのユーザを対象とし，また調査のポイントをより明らかにした上で行われたものである。

以下，この第１部ではその調査の詳細について述べる。「知的活動に利用する」としたのは，単なる計算の道具としてでなく，なるべく広い意味での知的活動サポートという点を明示したかったからである。なお今回の調査では，調査対象を大学（ただし専門分野は技術とは限らず，多岐にわたる），電子機器メーカ，一般企業の研究部門，及びソフトウェアハウス等の代表的な研究者に限り，そのうちマイクロコンピュータを利用していると思われる方々１８０名を抽出した。また，調査方法は予め委員会で作成した調査票を送付し，書面による回答を郵送により回収する方法によった。

調査項目は大別して，(1)現在のパーソナルコンピュータ・システムとその利用における問題点について，(2)知的活動に利用する将来（数年後）の個人用マイクロコンピュータ・システムに対するニーズについての２つに分かれている。すなわち，まず現在の所有・利用状況とそれから発生している問題点を探り，それを踏まえた形で，将来に想定されている利用分野，そのため

に要求される機能，具体的なシステム構成，希望価格，そして言語などのソフトウェアへの要求を聞き出そうとしたわけである。

以下，第1章に調査の概要を記し，第2章では回答者から寄せられた多岐にわたる回答結果をできるだけ整理して，図や表の形にまとめた。また，委員会において回答結果を分析し，各委員による解説とコメントを集約して，第3章に記載した。

第1章　調査の概要

(1) 調　査　目　的

本調査の目的は，現在のパーソナルコンピュータ・ユーザがかかえている利用上の諸問題を抽出・分析するとともに，知的活動に利用する将来の個人用マイクロコンピュータシステムに対するニーズをとりまとめることにある。それにより，人間の創造的な諸活動に十二分に利用できるマイクロコンピュータシステムとその利用技術を確立するための第一歩とすることを目指すものである。

(2) 調　査　項　目

次の2つのテーマについて行った。

〈1〉 現在のパーソナルコンピュータ・システム及びその利用における問題点について

- 利用状況
- 利用している機種とそのシステム構成
- 利用分野
- 利用ソフトウェア
- 利用上の問題点（ハードウェア，ソフトウェア及びシステム全般）
- 興味深い利用例

〈2〉 知的活動に利用する将来（数年後）の「個人用マイクロコンピュータ・システム」に対するニーズについて

- 利用したい知的活動の分野
- 知的活動を支援するために必要なシステムの機能
- 必要な機能を実現するための具体的なシステムの性能・構成（プロセッサ，主記憶の容量，外部記憶の容量，表示画素数，通信機能，入出力，データベース機能等）
- 価　　格

・知的活動に利用したい言語

・ユーザ言語に必要な改良と開発

・知的活動に必要なソフトウェアパッケージ及びデータベース

(3) 調 査 対 象

我が国の大学（ただし専門分野は技術とは限らず，多岐にわたる），電子機器メーカ，一般企業の研究所，ソフトウェアハウス等の代表的研究者の中から，マイクロコンピュータを利用していると思われる１８０名を抽出した。

(4) 調 査 方 法

調査は，調査票（p14参照）を郵送により送付及び回収して行った。調査期間は，昭和５６年１０月末から１１月末の１ケ月間である。

(5) 回答者の構成

本調査にご回答いただいた研究者総数及びその構成は次のとおりである。

・調査票発送数　　１８０人

・回 答 者 数　　４７人（回収率２６％）

・回答者の構成

表１－１　回答者の構成

分類記号	分　類　の　属　性	回答数	比　率
A	公的研究所（電々公社，電総研等）	5	10.6
B	大学の理工系教授等	14	30.0
C	大学の心理学教授等	4	8.5
D	大学の医科系教授等	2	4.2
E	大学の教育工学系教授等	2	4.2
F	一般企業研究所（電子機器を含む）	14	30.0
G	マイコン・メーカ研究所	4	8.5
H	ソフトウェアハウス	1	2.0
I	無　記　名	1	2.0
合　計		47(人)	100.0(%)

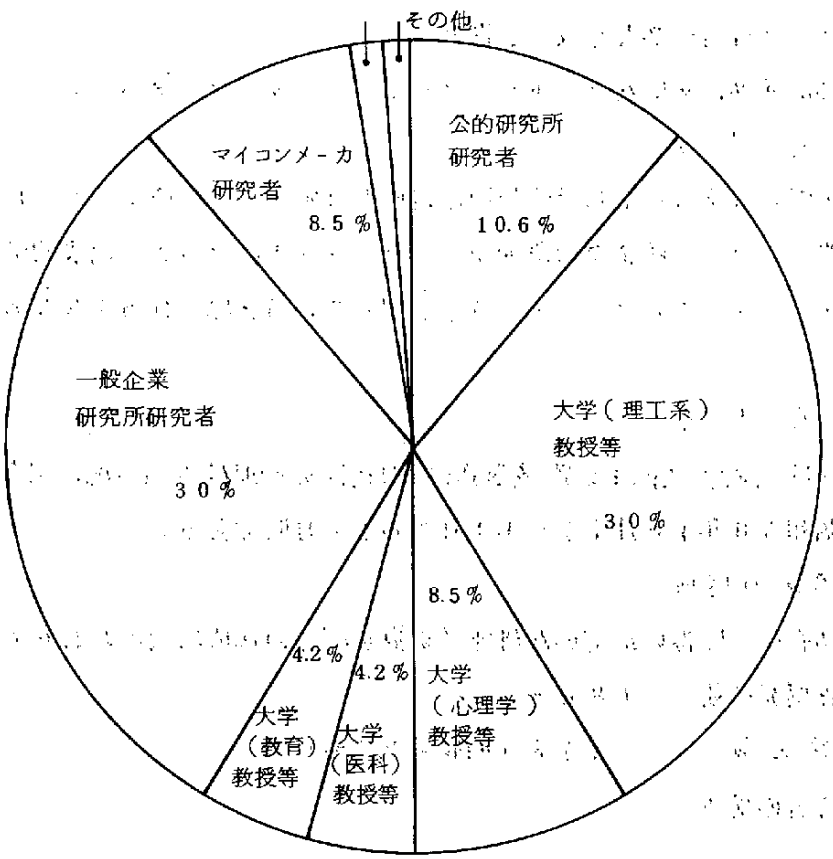

ソフトウェアハウス 4.2 %
その他
公的研究所
研究者
10.6 %
マイコンメーカ
研究者
8.5 %
一般企業
研究所研究者
30 %
大学（理工系）
教授等
30 %
8.5 %
4.2 %
4.2 %
大学
（心理学）
教授等
大学
（教育）
教授等
大学
（医科）
教授等

図1－1　回答者の構成

知的活動に利用する「個人用マイクロコンピュータシステム」に関する意見調査票

調査の趣旨

マイクロコンピュータは、種々の電気製品、機械、システムのコントロール部品として産業界では広く利用され、特に製造業においては、部品点数の減少をもたらし、産業用ロボットの導入と相俟って製造ラインの自動化、無人化に著しい効果を上げております。

しかし、この著しい効果のため、一方では雇用の減少、配置転換、人間のスキルの低下といったインパクトを与えていることも否定できません。

また、マイクロコンピュータ組込型製品の普及により、生活がより豊かなものとなる反面、これらが逆に人間の生存能力を減退させるといった指摘もなされております。

さて、マイクロコンピュータはこういった制御部品としての用い方以外にパーソナルコンピュータとして簡易な事務処理等にも利用されておりますが、更に一歩利用技術を進めて、人間の創造力を支援するための道具として、人間の知的能力の拡大あるいはまた種々の問題解決にこそ利用されるべきものとの指摘が多くの識者によりなされております。

このため、次の2つのテーマに対する貴方のご意見を是非ともお聞かせ下さいますようお願い申し上げます。

＜1＞ 現在のパーソナルコンピュータシステムおよびその利用における問題点について

＜2＞ 知的活動に利用する将来（数年後）の「個人用マイクロコンピュータシステム」に対するニーズについて

回答者氏名	
勤務先役職名	
所在地	〒 電話

<1> 現在のパーソナルコンピュータシステムおよびその利用における問題点について

質問1 貴方は、現在パーソナルコンピュータを所有あるいは利用していますか？　該当するものに○印をつけて下さい。

a）個人で所有している。
b）個人では所有していないが、会社あるいは大学等のものを利用している。
c）利用していないが、将来は利用したいと思う。→ <1> 質問5へ
d）将来も利用するつもりがない。　→ <2> 質問6へ
→ 利用しない理由を差し支えなければお聞かせ下さい。

回答欄

質問2 貴方の利用しているパーソナルコンピュータの機種およびシステム構成についてお答え下さい。

○機種名

○システム構成（該当するものに○印をつけて下さい。）

- 入力装置（キーボード以外）
  - a）ライトペン
  - b）ジョイスティック
  - c）TVカメラ（デジタイザ）
  - d）タブレット（デジタイザ）
  - e）その他（具体的に）
- ディスプレイ
  - a）家庭用テレビ（①モノクロ、②カラー）
  - b）モニタテレビ（①モノクロ、②カラー）
  - c）専用ディスプレイ（①モノクロ、②カラー）
  - d）その他（具体的に）
- 出力装置
  - a）プリンタ
  - b）XYプロッタ
  - c）その他（具体的に）
- 補助記憶装置
  - a）一般用カセットテープレコーダー
  - b）専用カセットテープレコーダー
  - c）フロッピーディスク　台
  - d）ハードディスク　台
  - e）その他（具体的に）
- 通信回線の利用
  - a）電話回線
  - b）無　線
  - c）その他（具体的に）
- その他（具体的に）

質問3 貴方は、パーソナルコンピュータをどのようなアプリケーションに利用されておりますか？

回答欄

質問4 貴方の持っているソフトウェア（ＯＳ、コンパイラ、アプリケーションソフト等）はどのようなものでしょうか？　また、それは①既製品、②既製品を改良したもの、③独自に開発したもののいずれでしょうか？　番号でお答え下さい。

ソフトウェア名	①既製品／②改良／③独自開発

質問5 現在のパーソナルコンピュータの問題点はどのようなことでしょうか。また、どのように改良すべきとお考えでしょうか？

5－1 ハードウェア（メモリの容量、処理速度、信頼性、入出力、ディスプレイの解像度等）について

回答欄

5−2 ソフトウェア（システムソフトウェア、アプリケーションパッケージ、言語等）について

回答欄

5−3 システム全般（標準化、保守サービス、流通、社会的制度、マニュアル、教育等）について

回答欄

5−4 その他のご意見について

回答欄

質問6 貴方が興味深いと思われるパーソナルコンピュータの利用例についてご紹介下さい。

アプリケーション	研究者名／機関名	アプリケーションの概要、紹介文献
例システムダイナミックスを使った社会システムのシミュレーション	○○○氏 ○○○研究所	CBM3032を使って、BASICによるシステムダイナミックス手法でシミュレーションを行っている。（Bit別冊）
回答欄		

<2> 知的活動に利用する将来（数年後）の「個人用マイクロコンピュータシステム」に対するニーズについて

質問1 貴方の知的活動に利用できる「個人用マイクロコンピュータシステム」が入手できたとして、貴方はこのシステムをどのようなことに利用したいとお考えでしょうか？

回答例

仕事に関連する各種の資料、データ、メモ、文献、研究の中間結果、等の情報を整理して個人用データベースを構築し、これを自由にアクセスして思考過程の助けとしたい。あるいはまた、学習／教育のためのパーソナルＣＡＩシステムとして利用し、教育手法の研究とともに、学生の教育ツールとして利用したい。

回答欄

質問2 質問1でお答えいただいたような貴方の知的活動を支援するためには、システム側でどういう機能、能力を必要としますか？

回答例

日本語、図形を含めた情報を個人用データベースとして簡単に蓄積および検索できるとともに、これらの情報を駆使してＣＡＩのコースウェアが作成できる能力。

回答欄

質問3 このような機能を実現するためには、どのようなシステムの性能、構成が必要でしょうか？　できましたら性能を具体的に示して下さい。

項　　目	回　答　例	回　答　欄
① プロセッサ	３２ビット型	
② 主　記　憶	１Ｍバイト	
③ 外部記憶	５００Ｍ～１Ｇバイト	
④ 表示画素数	1,２８０×４００ドット	
⑤ 通信機能	48kbps Ether-Net、パケット交換網とのインタフェース	
⑥ 入　出　力	日本語ワードプロセッサ機能、図形、音声の入出力	
⑦ データベース機能	日本語、図形の検索	
⑧ そ　の　他	Adaマシン	

質問4 貴方の要望を十分満たす「個人用マイクロコンピュータシステム」の価格はどの程度なら購入したいとお考えでしょうか？　該当するものに○印をつけて下さい。（現在の円の価値でお考え下さい。）

a）５０万円以下

b）５０～７０万円

c）７０～１００万円

d）１００～１５０万円

e）１５０～２００万円

f）２００～３００万円

g）３００万円以上（具体的に）　　万円

質問5 このような「個人用マイクロコンピュータシステム」にとって、ソフトウェアの整備は重要な問題と考えられます。ソフトウェアに関する貴方のご意見をお聞かせ下さい。

5-1 貴方の知的活動向き言語として、将来どのような言語を使いたいとお考えでしょうか？

回答欄

5−2 ユーザが利用する言語を、より使い易くするためには、どのような改良または新たな開発が必要とお考えでしょうか？

回答例
データベースアクセス言語とプログラミング言語を一体化した様な言語の開発

回答欄

5−3 貴方の知的活動に利用するための「ソフトウェア・パッケージ」あるいは「データベース」としてどのようなものが必要とお考えでしょうか？

回答例
医療診断アルゴリズムデータベースと検索ソフトウェア

回答欄

質問6 知的活動に利用する「個人用マイクロコンピュータシステム」に関して、貴方のご自由なご意見をご記入下さい。

回答欄

ご協力ありがとうございました。

第２章　調査の結果

2.1　現在のパーソナルコンピュータ・システム及びその利用における問題点について

(1)　パーソナルコンピュータ利用状況

現在，パーソナルコンピュータを所有しているかどうか，また利用しているかどうかについて表２－１に示す。

表２－１から，回答者の約５０％がパーソナルコンピュータを所有しており，８０％が個人もしくは勤務先（大学・会社）のものを利用している。また，残り２０％の人は，将来は利用したいと考えている。

表２－１　パーソナルコンピュータの所有及び利用状況

項番	所有及び利用の形態	回答者数	比率
a	個人で所有・利用	13	28%
b	個人で所有し，大学・会社のものも利用	10	21
c	個人では所有していないが，大学・会社のものを利用	15	32
d	現在利用していないが，将来は利用したい	9	19
e	将来も利用するつもりがない	0	0
	合計	47	100

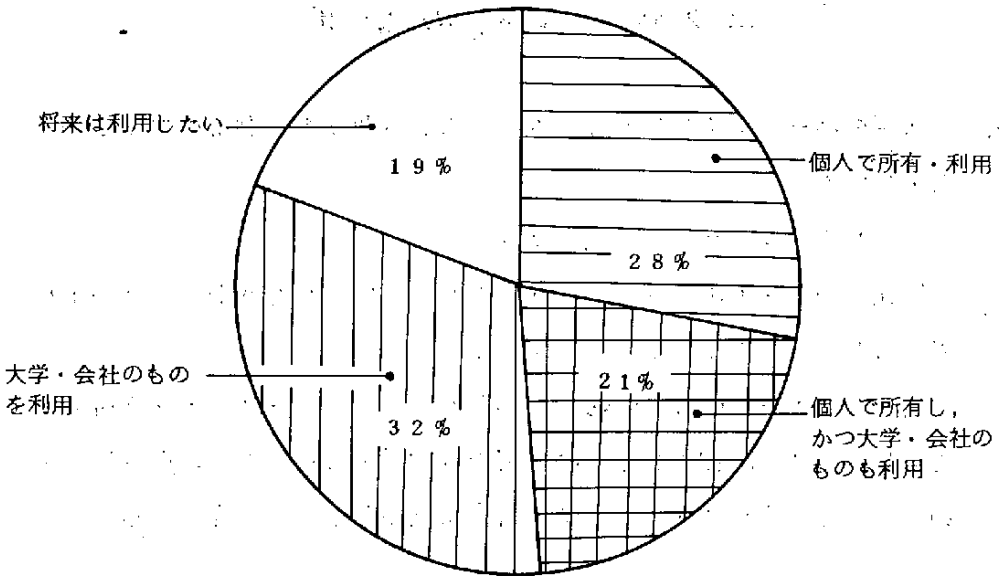


図２－１　パーソナルコンピュータの所有・利用状況

(2)　利用している機種とそのシステム構成

表２－２，図２－２に，現在利用しているパーソナルコンピュータの機種について，また表２－３及び図２－３に，現在利用しているシステムの構成についてのまとめを示す。

表２－２　利用しているパーソナルコンピュータの機種

機　種　名	利用者数
ＰＣ－８００１　（日本電気）	13
自作システム	8
Apple Ⅰ　（Apple）	4
ＦＭ－８　（富士通）	3
ＭＺ－８０Ｃ　（シャープ）	2
ＭＺ－８０ＫＺ　（シャープ）	2
ＩＦ－８００ model Ⅱ（沖電気）	2
ＶＩＣ－１００１（コモドール）	2
Ｍ２００シリーズ（ソード）	2
その他　（２２種）	各１（２２）
合　計	６０（人）

＊現在パソコンを使用していると回答した３８人が使用しているパソコン機種の内訳。
複数の機種を利用していることが多く，利用者数の合計は延６０人となっている。

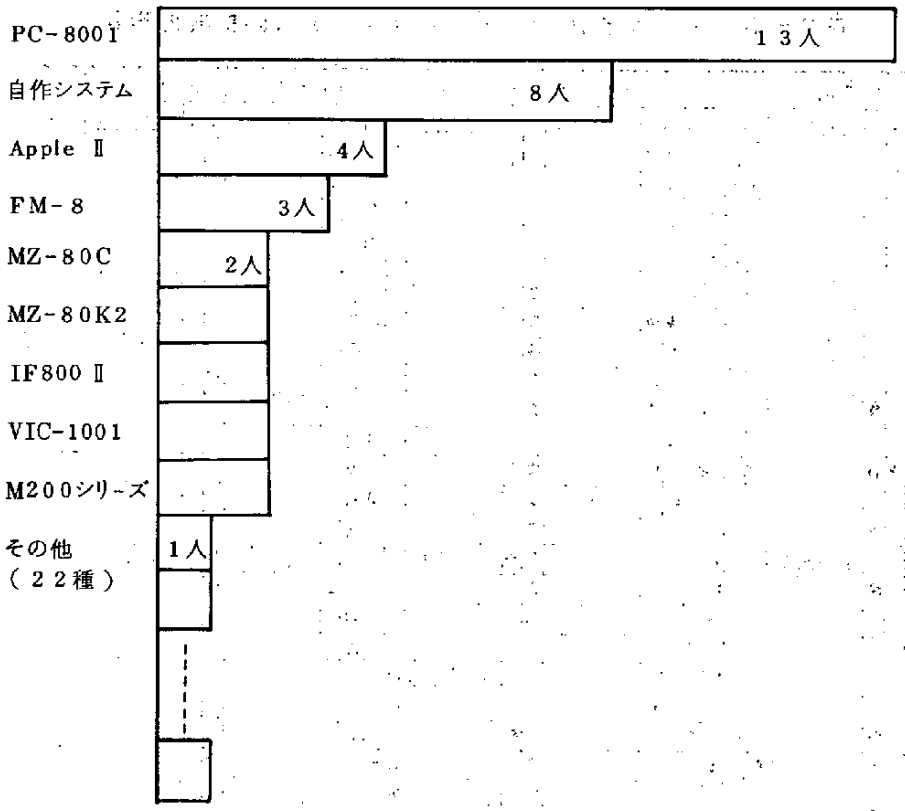


図2－2　利用しているパーソナルコンピュータの機種

表2－3　パーソナルコンピュータシステムの構成の現状

システム／回答者	入力装置（キーボード以外） a ライトペン	b ジョイスティック	c TVカメラ	d タブレット	e その他	ディスプレイ a 家庭用 モノクロ	a 家庭用 カラー	b テレビモニタ モノクロ	b テレビモニタ カラー	c 専用ディスプレイ モノクロ	c 専用ディスプレイ カラー	d その他	出力装置 a プリンタ	b XYプロッタ	c その他	補助記憶装置 a 一般用カセットテープレコーダ	b 専用カセットテープレコーダ	c フロッピーディスク	d ハードディスク	e その他	通信回線の利用 a 電話回線	b 無線	c その他	その他
A－1	●								●				●					●[2]						
A－2										●	●		●				●	●					ミニコンとWPの接続	
A－5										●			●				●	●						
B－1											●		●					●[2]			●			
B－2	●	●		●							●		●	●				●	●		●		専用回線	
B－3										●			●				●	●[2]						
B－5			●	●		●		●		●			●	●		●	●	●						
B－6										●			●				●	●[2]						
B－7		●		●			●						●			●		●[2]						
B－8					AD, DA GP-IB, RS 232C			●					●	●	GP－IB			●[2]		ホスト計算機	●		1200BPS専用回線	
B－9				●				●			●		●					●	●		●			
B－10									●				●					●			●			
B－11									●				●					●[2]						
B－12								●							オリベッティタイプ＝T221A	●					●			
B－13											●					●								
B－14	●			●	ADコンバータ	●	●	●	●				●	●		●		●						
C－1	●			●		●		●		●			●	●		●	●	●			●			
C－2									●				●			●		●						
C－3	●	●			被検者反応スイッチ等			●	●				●			●					●			
C－4								●					●			●					●			
D－2	●	●	●	●	ADコンバータ カードリーダ			●			●	X－Y CRT	●	●	DAコンバータ	●		●[6]					RS 232C	音声認識 音声合成
E－1										●			●			●								
E－2			●		マークカードリーダ					●			●	●				●[8]	●		●			
F－2	●										●		●					●[2]						イメージメモリ (64×64)×64枚
F－4	●			●					●			カラーグラフィック NEXUS 5500	●					●[2]						
F－5									●				●			●								
F－6							●	●					●			●								高分解グラフィックユニット
F－7						●										●								
F－9								●					●					●						
F－10		●			ADコンバータ						●		●			●		●						PROMライタ
F－12							●			●			●	●		●	●							
F－13								●					●			●	●							
G－1								●					●					●						
G－2								●					●			●		●[2]						
G－3						●							●			●		●						
G－4					音声認識（実験的）					●			●					●			●			
H－1		●					●	●								●	●							
I－1								●					●					●[2]			●			
回答数	8	6	3	8		4	5	15	6	9	7		34	8		20	9	27	3		12			
						(1)		(3)		(2)														
比率(%)	21	16	8	21		26		63		47			89	21		52	24	71	8		31			

注　(　)は，モノクロ／カラーの区別不明のもの。

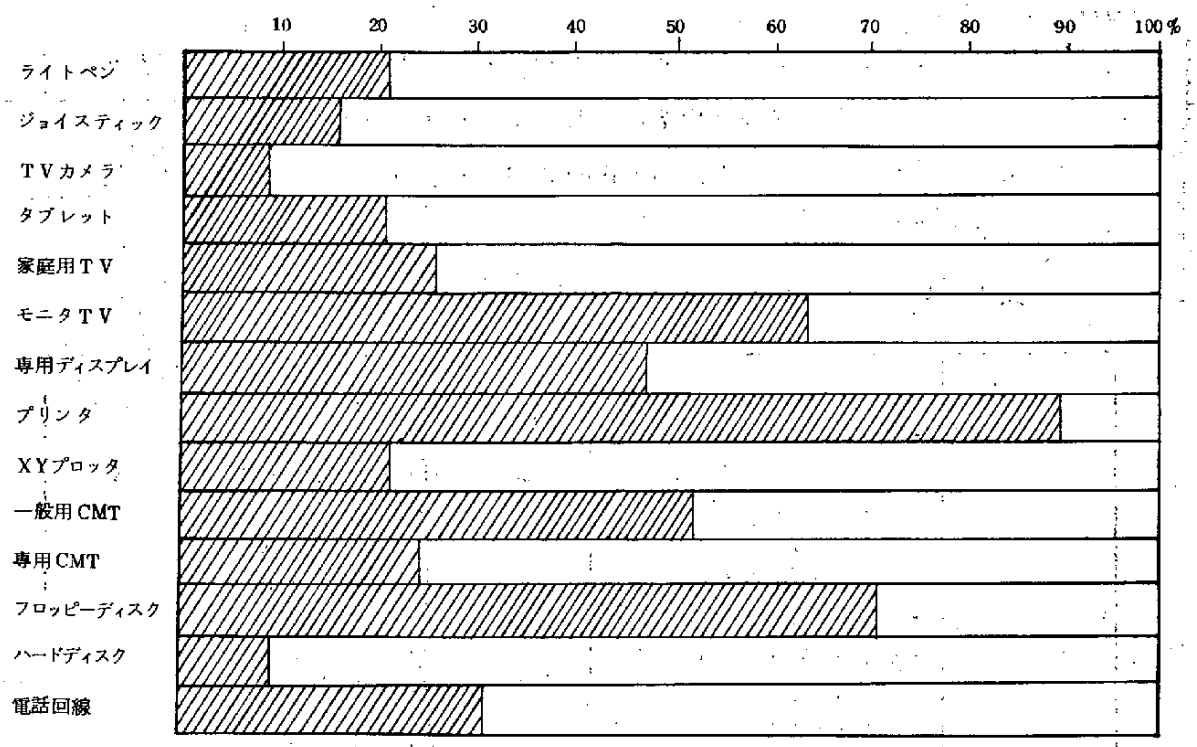


図2－3　パーソナルコンピュータ周辺機器の利用比率（%）

(3)　利　用　分　野

パーソナルコンピュータをどのような用途に利用しているかについて，表2－4に示す。

(4)　利用ソフトウェア

現在利用しているソフトウェア（OS，コンパイラ，アプリケーション・ソフト等）について，また，それが既製品，既製品を改良したものまたは独自に開発したもののいずれかについて表2－5に示す。

(5)　現在のパーソナルコンピュータの問題点

現在のパーソナルコンピュータの利用上の問題点及び改良すべき方向として以下にまとめたような指摘がなされた。

表2－6に，ハードウェア（処理速度，メモリ容量，ディスプレイの解像度，入出力等）について，表2－7に，ソフトウェア（システム・

ソフトウェア，言語，アプリケーション・パッケージ）について，表2－8に，システム全般（標準化，保守サービス，マニュアル等）について，また表2－9にその他の現在の問題点と改良の方向についての意見をまとめた。

表2－4　パーソナルコンピュータが利用されている主なアプリケーション

分　類	アプリケーション	分　類	アプリケーション
1. 制御・計測	• 自動計測・データエントリ • 自動計測・データ処理 • 実験制御・データ処理 (2) • データロガー • 知覚心理学の実験 • 各種機器の制御 • 磁界・電界分布の画像的（二次元的）計測 • ミニコン制御 • そ　の　他	6. ファイル・検　索	• データベース • 簡易なデータベース • 個人的なファイル • 資料整理 • 文献検索 • 個人的技術情報の検索
2. 計算シミュレーション	• 技術計計 (2) • 数値解析 • 社会システムのシミュレーション（システムダイナミックス） • 故障シミュレーション • その他のシミュレーション(4) • そ　の　他	7. 教　育	• 計算機自体のアーキテクチャ学習の教材 • 授業実習 • 学生実験指導 • 成績処理 (2) • 授業分析
3. 画　像	• 画像処理 • 線画のデータ圧縮	8. 通信制御	• ミニコン間の通信 • 日本語ワードプロセッサとミニコン間の通信
4. 開　発	• 設計開発時の入出力機器代用 • システムの開発 (4) • ソフトウェアの開発 (2)	9. 家庭・遊び	• 家計の決算（月間，年間） • 料理ブックの文献検索 • 幼児の文字練習 • 時刻表などのメモ帳 • シンセサイザ • TVゲーム (7) • 麻雀の点数処理 • パズル解き
5. 文章・編集	• 日本語文書ファイルの編集 • 英文ワードプロセッサー(5) • ワードプロセッサ (2) • 論文編集 • 漢字処理		

注：（　）内の数字は，回答数

表2－5 パーソナルコンピュータで利用されている主なソフトウェア (1)

分　類	ソフトウェア
1. オペレーティングシステム	• CP／M (9) • FDOS • FLEX • Supervisor (DOS) • Dual PC • 独自開発のモニタ，OS (9)
2. 言語処理系	• BASIC* 17 (既製15，自作2) • アセンブラ 12 (既製 7，改良3，自作2) • Pascal 11 (既製 9，改良2，　) • FORTRAN 5 (既製 5，　) • LISP 4 (既製 1，改良2，自作1) • C 4 (既製 4，　) • BASICコンパイラ 3 (既製 3，　) • マクロアセンブラ 2 (既製 2　) • PL／1 (既製1) • PLMX (〃) • Tiny C (〃) • TL／1(ミニパスカルコンパイラ) (既製1) • FORM(ミニフォートランコンパイラ) (既製1) • その他(GAME等) 3 • 独自開発言語 1
3. その他のシステムソフトウェア	• エディタ 7 (既製1，改良1，自作5) • 逆アセンブラ 2 (既製1，自作1) • P－ROMライタプログラム • (自作3) • PIPS (既製2) • Amp－80 (既　製)

分　類	ソフトウェア
3.	• DATA BASE－Ⅲ (既製) • APPLE PLOT (〃) • APPLE WRITER(〃) • FD TO NEXUS (〃) • NEXUS TO FD (〃) • FFTサブルーチン (〃) • テキストフォーマッタ (〃) • UTILITY (〃) • ユーティリティ (自作) • 入出力制御 (〃) • フルグラフィックディスプレイ制御 (〃) • プロッタサブルーチン (〃) • ファイルシステム (〃) • データベース (〃)
4. アプリケーションソフトウェア	• 成績処理 (既製) • 授業分析 (自作) • 教材管理システム (〃) • 学生実験レポート処理(〃) • ソシオメトリックテスト処理(〃) • 統計処理 (〃) • その他データ処理 (〃 3) • 一般化逆行列 (自作) • 固有値計算 (〃) • FFT (〃) • 数値解析 (〃) • システムダイナミックスのモデル (〃) • 論理シミュレータ (〃) • 科学技術計算 (〃) • ビジネスグラフ (〃) • ワードプロセッサ (既製1，改良1) • 文献検索 (改良1，自作1) • 画像計測 (自作) • 汎用実験制御 (〃) • ワードプロセッサ文書伝送制御 (〃)

表２－５　パーソナルコンピュータで利用されている主なソフトウェア(2)

分　類	ソフトウェア	分　類	ソフトウェア
4. アプリケーションソフトウェア	• ＩＢＭ標準フロッピ交換ソフト　（自作） • プログラム修正プログラム　（〃） • 信頼性測定プログラム（〃） • 部品選定プログラム（〃） • 決算報告書　（〃） • 音楽演奏　（〃）	4. アプリケーションソフトウェア	• ミュージックシステム（自作） • 百人一首の歌の選択・表示　（〃） • テレホンインデックス（〃） • ゴルフ結果集計　（〃） • パズル　（〃） • その他ゲーム　6 （既製２，改良１，自作３）

＊特に記述のあったものだけでの数字であり，本体付属のものを含めないケースが多いと思われる。

表２－６　現在のパーソナルコンピュータ・ハードウェアの問題点と改良すべき方向

(a) 処理速度

問題点	改良すべき方向
◎ 処理速度が不足　(11) • システムダイナミックモデルの規模が大きくなると，ＢＡＳＩＣインタプリタでは遅い。 • ３次元グラフィックには遅い。 • 図形，画像を扱うには遅い。　(2) • 演算速度が遅い。	◎ 現在の１０倍必要 ◎ １ＭＩＰＳ必要 ◎ ＢＡＳＩＣコンパイラをＲＯＭで提供　(2) （ＢＡＳＩＣインタプリタと切り換えるように） ◎ １６ビット様への変換　(3) ◎ インタプリタをただ巨大化するのではなく，中間コードの形式等の工夫により高速化を図る。 ◎ 図形，画像を扱える程度は必要　(2) ◎ マルチＣＰＵ化

(b) メモリの容量

問題点	改良すべき方向
◎ 主記憶の容量が不足 (10) ・良い言語が使えない。 ・図形，画像が扱えない。 ・ＢＡＳＩＣで少し大きなプログラムを作ると足りなくなる。	◎ １Ｍバイトは必要 (2) ◎ ５０～６０ＫＢでなくせめて１２８～２５６ＫＢ ◎ 図形，画像が扱える程度必要 (2) ◎ ６４ＫＢバンク折換
◎ ユーザが実際に使えるＲＡＭ容量が不足 (3) ・ＢＡＳＩＣが巨大化（４０Ｋ語にも及ぶ）し，各社ともオーバーレイによりメモリ・マップが複雑化し，自由なＲＡＭ領域が減少。	◎ ユーザ使用可能容量が最低１２８ＫＢ必要 ◎ ＲＡＭベースにして，種々の言語を導入できるようにする。
◎ 二次記憶容量が足りない。 (5)	◎ １００Ｍバイト必要。 (2)

(c) ディスプレイの解像度等

問題点	改良すべき方向
◎ 解像度が不足 (8) ・６４０×２００では不充分 ・１２８×４８では不充分 ・文字の判別が難しい。 ・漢字が扱いにくい。 ・グラフィックの分解能が低い。	◎ 1,０００×1,０００は必要 (2) ◎ 1,０２４×1,０２４は必要

(d) 入　出　力

問　題　点	改　良　す　べ　き　方　向
◎ データペンチの外注を考えると，大型機との互換性が欲しい	◎ 大型計算機と互換性のあるミニ／標準プロッピーディスクの開発
◎ カセットテープ／ディスクファイル形式の統一	◎ カセットテープ／ディスクファイル形式の統一
◎ 入出力機器が高価　(3) フロッピーディスクが高価 高速ラインプリンタが高価	◎ 入出力機器の低価格化　(5) ◎ 入出力機器の多様化
◎ ファイル装置のインタフェイスが不統一	◎ ファイル装置のインタフェイスの統一化
◎ GPIB，RS232Cなどのインタフェイスは初めから組み込んで欲しい。オーディオカセットは，最もよく流通している市販のものとは接続がうまくいかない。波型の修正回路ぐらいはつけるべき。	
◎ 音声入力が不充分	◎ 音声入力で実用的なもの
◎ 図形や画像の入出力が不充分	◎ 図形や画像の入出力で便利なもの
◎ 手書き文字による入力ができない	◎ 手書き文字による入力ができるもの
◎ 簡単な漢字の入出力ができない	◎ 文字読取装置
◎ ライトペン等の入力手段が不充分	◎ 簡単な漢字の入出力ができる
◎ キーボード入力のみで操作がなじめない。パソコン応用のネック	◎ データ入力方式・バーコードリーダ，OCR
◎ キー入力は負担。メニューヒットもまどろっこしい。音声入力は不確実	◎ マウスのようなポインティングデバイス
◎ 入力鍵盤の音が大きすぐる	
◎ 操作性がもう一つ	
◎ ・システムが公開されていない。公開はパーソナルコンピュータの必須条件 ・パスライン，他の回路が充分に公開されていない	
◎ ・端末として使いにくい ・大型機の端末として使用する場合，制約が多い	◎ 長距離伝送可能なデータ伝送装置必要 ◎ 通信能力を良くして，将来は電話線と一体になるのでは
◎ ホストコンピュータを含め，他のシステムとのネットワーク機能が低い	

表2－7　現在のパーソナルコンピュータ・ソフトウェアの問題点と改良すべき方向

(a)　システム・ソフトウェア

問　題　点	改　良　す　べ　き　方　向
◎　まともなＯＳがない（ＣＰ／Ｍはダメ） ◎　基本ソフトは，国産品がないこともあって高価すぎる 基本ソフトの作れるソフトウェアハウスが必要 ◎　他機種との互換性が殆んどないのは困る (2) 標準化の必要性あり ◎　モニタ仕様の統一 カセット／ミニディスクのファイル形式の統一 ◎　システムソフトの機能が不十分でかつユーザインタフェイスも良くない。 ◎　ファイル処理，日本語処理機能がまだ汎用化していない	◎　ＯＳはＵＮＩＸ程度のもの必要 ◎　いわゆるスーパーパーソナルコンピュータのソフトの概念を大幅にとり入れ，発展させ，マンマシン・インタフェイスを知的にしたものが必要 ◎　ＭＥＳＡクラスのものが必要 ◎　マルチスクリーンディスプレイつきプログラミングシステム ◎　ＯＳが中核となりフォームウェア化 ◎　ＣＡＤソフトのような操作性 ◎　ＢＡＳＩＣの他に，少くともアセンブラをＲＯＭでのせておき，リロケータブルで利用できるようにする。 ◎　漢字と図形の同時処理 ◎　ファイルとメモリの使いわけが楽なシステム……ＶＳでなくある指定をするとファイルの一部がメモリに常駐し，ファイルアクセスが高速になるもの

(b) 言　　語

問　　題　　点	改　良　す　べ　き　方　向
◎ 言語は機能的に高くかつ高速なものが必要 (3) ◎ マイクロソフトのＢＡＳＩＣのような程度のものが標準となることが問題 ◎ ＢＡＳＩＣでは，①プログラムの構造がつかみにくい，②ローカル変数を待てない，③手続き呼び出しの際に引数を渡せない ◎ アセンブラでのリンクのための外部参照に手間がかかりすぎる ◎ システム記述用に構造化プログラム風の中間言語が欲しい。 ◎ 多種の言語が増加するのは望ましくない　既成の言語を改良，拡張して色々な応用へ適用できるようにしていくべきである。その意味で，パソコン用として主にＢＡＳＩＣが使われているのはよい ◎ 言語の方言性 (2) ◎ 拡張性のある言語	◎ ＣＰ／Ｍを用いれば，ユーザの能力を十分カバーできる。 ◎ 会話型のメリットは大きいので，会話でかつ高速なくふう （１６ビット機へ） ◎ 問題向言語に関して大いに工夫されるべきである ◎ ＢＡＳＩＣとともに使いやすいアセンブラを標準装置すべきである。 ＢＡＳＩＣと機械語の高度なリンクを可能にするソフトウェアシステムを望む ◎ ＢＡＳＩＣ中心であり，英語体系である。これを日本語体系へ ◎ プログラム不要のプログラミング言語（ＶＩＳＩＣＡＬＣ，ＰＩＰＳ等） ◎ 言語の標準化が必要

(c) アプリケーション・パッケージ

問　　題　　点	改　良　す　べ　き　方　向
◎ 不十分（市場は大きいのに） ◎ ２次元データの扱い易く高度な処理機能 ◎ 自分でプログラムを作らないと使えないのは不便。共通のプログラムがあって，大部分はそのまま使え，一部手直しすれば，自分の用途に使えるというのを沢山用意してほしい ◎ いろいろなところから豊富に出回っており，ユーザはその選択に戸惑うのではないか ◎ 互換性がない ◎ もっと安価に	◎ ＰＩＰＳ，ＶＩＳＣＡＬＣ等の方向のソフトウェア作成システム

表２－８．現在のパーソナルコンピュータのシステム全般における問題点

(a) 標　準　化

問　題　点	改良すべき方向
◎ 個人，一組織内といったクローズされた領域で用いられる場合はそれほど問題はない。回線解放等の問題と関連して，大型計算機とほぼ同等の機能をもちうるということであれば大きな課題となる ◎ 標準化は心用 ミニ（マイクロ）フロッピイ，ＥＸＴ．ＢＵＳ ◎ ＯＳの共通化，通信手順の共通化，アセンブラ，コンパイラの共通化 ……ニモニックコードだけでも ◎ 現状では有力なＤＯＳが標準化のリーダとなるかもしれない ◎ 周辺のインタフェイスの標準化，特にコネクタ・コンパチブルまで進められれば良い ◎ ＢＡＳＩＣが標準化となるのに疑問がある ◎ ソフトウェアの標準化は，もっと進められるべきである ◎ ＯＳ，エディッタ，バス・インタフェイス情報交換用媒体の標準化必要 ◎ ＧＰＩＢ，ＲＳ２３２Ｃ等についてのフォーマットの標準化が遅れている ◎ ＢＡＳＩＣの標準化は，ミニマムなものでなく，マキシムなものについて行って欲しい ◎ いずれ１６ビットＣＰＵを持つものが主流になるので，標準化の必要はない	◎ 他機種間のプログラムコミュニケーションの確立が必要。そのためには，入出力装置の標準化が必要となる 例えば，カセットレコーダのデータ速度の統一化；ディスク間の統一ができれば一層便利である ◎ メーカそれぞれが特色のあるパソコンを発表しているが，パソコン間の互換性がない。入出力端子には，ＣＲＴプリンタ，ＣＰＵのバスライン等あるが，これらのピン配列，コネクタの配列に共通性がなく，各専用のインタフェイスをつけなければならない。これらの入出力端子は規格化し，統一すべきである

(b) 保守サービス

問題点	改良すべき方向
◎ 保守サービスの質が悪い ◎ 保守サービスが不充分 (2) ◎ サポート会社のＳＥのレベルが低い ◎ 保守サービス体制に問題がある ◎ 地方での修理期間がかかりすぎる	◎ 電話回線によるコンピュータチェックができると望ましい ◎ 地方への保守体制の徹底 ◎ マイコンは，家電製品並みとして販売されており，この限りでは，保守サービスは現状程度というのはしかたがない

(c) マニュアル

問題点	改良すべき方向
◎マニュアルが不備 (3) ◎ 特に国産品は不備 ◎ ＦＤＯＳの説明（プログラムの内容）が不十分 ◎ 実際的知識は，専門雑誌等で得ているのが現状で，もっとメーカが直接サポートすべきである。 ◎ パソコンの大半は，回路図等の技術的なことを公開していないため，高度に応用するためには支障をきたす ◎ ＴＲＳ－８０レベルⅡの初心者用マニュアルを望む。現在のレベルⅡＢＡＳＩＣは，そのままでは，初心者教育に適さない	◎ マニュアルは，本来ディスク内にあって，ディスプレイ上でオンラインで見られるようにすべきである ◎ システム解説のためのＣＡＩを，システムにつけるべきである ◎ ライブラリをも含むシステムのマニュアルは，中・大型機の場合には見られない読み易さが必要である。 ◎ ハードウェア拡張のための親切なガイドを望む ◎ 購入時に，ハード，ソフトの内容を全公開すべきである

(d) その他

問題点	改良すべき方向
◎ システムハウス，ソフトウェアハウスに対する便宜を図る社会的システム ◎ ライブラリ市場がない ◎ パソコン応用事例の交流がない ◎ パソコン教育が中心で，パソコンに乗せる前段階の教育がない （システム設計，標準化，単純化，業務分析等） ◎ 米国のように物品のコード化ができていない ◎ ソフトウェアの著作権が確立されていない	◎ 信頼性の確保，チェックプログラムは絶対に必要 ◎ ファイルの保護機能が必要 ◎ ハードウェア，ソフトウェアの拡張性が必要 ◎ プロ用のパソコンが必要 ◎ パソコンの中には，メーカ特別仕様のＬＳＩがあり，この部分は全くのブラックボックスである。これは，閉鎖的ではないか

表２－９　現在のパーソナルコンピュータについてのその他の意見

問　題　点	改良すべき方向
◎　開発のテンポに応じるため，時間軸上でのシステム化が必要となっている。陳腐化があまりに早すぎる。 ◎　ソフトウェアの重要性が，あえて無視されているのではと思われる位である。特に大手メーカでは，ハードウェアの改良，発展が主に行われていて，ソフトウェア上のアフターケアがなされていない。 ◎　フロッピーディスクが高すぎる。 ◎"パーソナルコンピュータ"という言葉がメーカにより勝手に使用され，その実体が本体価格２０～３０万円程度というのはおかしい。パーソナルユースは，知的インタラクションの機能を持つべきであり，そのためには，もう少し規模の大きいものが必要である。アマチュアの利用やそれ向けの雑誌のレベルが低く，逆に誤解を与えている。 ◎　国内各メーカのソフトウェアの互換性が欲しい。 ◎　要するに，商品としては，まだ未熟であると考えざるをえない。	◎　高等学校で，システム設計等のコンピュータに関する設計技術，応用技術の教育をしてはどうか。 ◎　図形，画像の取扱いは，現在では特殊な領域と思われているが，本来ほとんどの科学技術計算，さらにはビジネスの領域でもごく普通に必要なことであり，この機能の充実を望みたい。 ◎　各地で活動しているマイコンおよびパソコン研究会／グループの情報交換等をスムーズに行う公的機関の設置又はこれらの活動を支援する公的機関の充実。 ◎　ＰＥＲＱのようなシステムを，低価格で実現して欲しい。 ◎　現在のマイクロコンピュータ普及にはカール・ゲイツ氏の功績が大であり，日本で，マイクロエレクトロ・ソフト賞なるものを制定し，彼に第１号を贈りたい。このような賞の制定により，すぐれたソフトウェアの開発について日米のよい競争をつくり出すと思う。

(6) 興味深い利用例

現在のパーソナルコンピュータの利用例のうち，特に興味深いものとして次のものが注目された。

表２－１０　パーソナルコンピュータの興味深い利用例

・マイコン間の通信ネットワークの形成	（大学マイコンクラブ）
・ＩＱ構造診断 …適性，人事，配置など教育指導	（マイコンショップ・パートナー）
・心理学実験システム制御のためのマイコン出力端子につけるコミュニケーションインタフェースの開発	（大学　心理学者）
・画像，グラフィック処理言語の開発	（大　学）
・ＢＡＳＥ（キャリーソフト） …コンパイラ型，アセンブリ言語	
・ＡＬＴＯ	（ゼロックスパロアルトリサーチセンタ）
・小説原稿の作成・保存・輸送システム	（作　家）

2.2　知的活動に利用する将来（数年後）の「個人用マイクロコンピュータ・システム」に対するニーズについて

(1) 利用したい知的活動分野

知的活動に利用できる「個人用マイクロコンピュータ・システム」が入手できたという仮定の下で，それをどのような目的・用途に利用したいかというニーズについては，表２－１１にまとめたとおりである。

(2) 知的活動を支援するために必要なシステムの機能

(1)にあげたような知的活動を支援するために，システム側でどのような機能を必要とするかという，研究者のニーズを表２－１２に示す。

表2－11　知的活動に利用できる「個人用マイクロコンピュータシステム」で利用したいこと (1)

分　類	利用したいこと	分　類	利用したいこと
1. 個人用データベース（仕事）	• 個人用データベースを作成し，各種（文献，資料，研究用メモなど）の管理を行い研究用ツールとして利用する。(18) • 電子スクラップブック • 電子メモ用紙…アイデアや，図をなぐり書きで表現し，整理しながらまとめていくメモ用紙として，また，記録，管理を行う。 (2) • 究極的には，自分の回りにある全てのドキュメントをデータベース化すること。例えば，システム設計，プログラム，論文，手紙，会議録を簡単にアクセスできるようにすること。 • 原稿執筆用データベース • 研究データ，文献のデータベースにより，認識不足，知識不足の是正・補充に利用 • エンジニアの日常の仕事の中で，ドキュメンテーションを整理することに費やされる時間は大きい。技術が日進月歩の今日であればこそ，技術の積み重ねがデータとして整理されていることの意義は大きい。技術開発部門に適したデータベースシステムを構成したい。		• 多方面に渡る個人の情報処理空間の中心に，マイクロコンピュータをすえ，日常発生する個人の専門分野の情報を，そのつどデータベース化する。データベースソウトを利用し，二次情報化し，仕事に役立てる。 例えば，小説を書くシミュレーションモデルをつくり，リアル・システムの改善のための方策を考える。 • 仕事に関連する手順，チェックリストを個人用データベース化し，仕事の能率を上げる。 • 情報の整理・蓄積 • 文献の整理 • 文献の抄録作成 • 文献の検索 • 学生データのファイル化・検索 • ソフトウェアライブラリの登録 • 教育情報（テスト，教科，教案等）の収集 • 回路図のファイルと検索 • 海外技術情報コンタクト先のコンタクト履歴の整理 • 報告書のリストの整理

表２－１１　知的活動に利用できる「個人用マイクロコンピュータシステム」で利用したいこと (2)

分　類	利用したいこと	分　類	利用したいこと
2. 文書の作成	• 日本語文章の作成 • 論文作成 • 英語の論文の作成 spell, diction, style などのユーティリティが必要		• 図形処理 • 図形・画像データによるシミュレーションが手軽にできれば,設計の構想段階で効果的。（設計図の意味ではなく，データのフローとか，強度分布を有限要素法で解明することなど）
3. 各種処理	• 研究上の物理現象のシミュレーションを机上のシステムを用いて容易に行い，理論やアイデアをただちに確かめ，研究の効率化を図る。また，教育用として用いる • 研究室用の小規模ＣＡＤシステムで，特殊目的のワンボードマイコンの設計やパターン作成を行い，これを基格化し研究に利用する • 科学現象，自然現象の計算シミュレーションに利用 • 株価動向のシミュレーションに利用 • 発想の援助(シミュレーション)…主として，組合せ的な発想とその評価指数の計算 • 特徴抽出…原始情報の中から特徴を抽出するためのツールとして利用 • 思考の援助・アイデアの検証 • 実験データの収集・解析 • 数値解析とそのグラフ化		• 回路図作成プログラムを作成して，ハードウェア設計の支援を行う • システムの拡張に伴うソフトウェア(開発支援プログラム,言語,アプリケーション)の開発支援 • 電子回路，デジタル回路の演習などにＣＡＩシステムとして利用したい • パーソナルＣＡＩとして • 電気・電子系学生に対して，高級言語，アセンブラ，機械語の教育にマイコンを十数台使用しているが種々の言語を利用できるもので教育効果を高めたい • 数式処理 • 人工知能用の言語の利用 • 自動プログラミングの開発 • 大規模システムのサブシステムのプレチェック，簡単なシステムのシミュレーション，作表，作図

表２－１１　知的活動に利用できる「個人用マイクロコンピュータシステム」で利用したいこと (3)

分　類	利用したいこと	分　類	利用したいこと
3. 各種処理	• 外国人との通訳者 • 外国文献の翻訳 • 翻訳の支援		これらのターミナルとしてマイコンを利用する • 電話回線による画像データの交換，デジタル音楽伝送
4. 管　理	• 広い意味でのラボラトリオートメーション，研究室オートメーションに利用 • 研究室内外の事務処理の自動化 • 人事，予算管理 • 海外駐在員事務所を含む予算管理・経理報告 • 調査の管理		• 外部大型機のターミナルとして情報検索に利用 • インテリジェント端末として，プログラムの編集等を行い，ホストコンピュータと情報交換を行うことにより，プログラム開発作業の効率を上げる • ローカルネットワーク，グローバルネットワークのワークステーションとして
5. 通信関連	• ローカルコミュニケーション（パラレルバス） …実験室でのＧＰＩＢパラレルポートによる実験の自動化 コニバーサルコミュニケーション（シリアルバス） …実験室外とのＲＳ２３２Ｃによるネットワーク 全国７大学大型計算センターのファイルとのコミュニケーションおよび計算センターを介して，全国の同分野の研究者との通信ネットワークをつくり，メッセージ，言語，アプリケーション，ＯＳ，データベースの相互ファイル輸送を行う		• 外部データベースとのドッキング

表2－12 知的活動を支援するためにシステム側で持つべき機能・能力 (1)

分類	機能・能力	分類	機能・能力
1. 高度な入出力装置	• 入出力機器の高度化 • 日本語入出力 (3) • ローマ字入力・日本語（漢字，カナ，ひらがなまじり文）出力 • 日本語音声入力・日本語文章出力 (3) • 日本語入力（2キー連想入力が有力か） • 図形の入出力 (4) • 映像の入出力が容易にできる • VTR，ビデオディスクとのI／Oが容易にできる (2) • 図形プロセッサ • 読め取り装置…必須事項の切出し能力付 • 手書き文字読取り • 高品質のディスプレイ • 超高解像度CRT （1,280×800程度） （1,000×1,000以上） • 高精度のグラフィック表示端末		• 大容量のディスク • 大容量の主記憶 • 大容量の外部記憶 • 大容量のメモリ (3)
2. 大容量のメモリ	• 3.5または5インチのハードディスク • ハードディスク程の外部記憶 • 外部記憶は，生涯を通じて使える程度の容量をもつ （文字，音声，画像情報を扱える）	3. 個人用データベースソフトウェア	• 日本語処理可能なDBMS • 個人用データベース • まともなDBMS • 汎用DBMS • 汎用（共用）DBMSから個人用のものを編集する機能 • ファイル管理機能の強化 • データベース設計機能
		4. 通信機能	• パーソナルコンピュータネットワーク (2) • ホストとのデータ交換 • 研究に必要な外部データベースとの通信 (2) • 通信能力，割込み処理能力の強化 • アメリカのネットワークとのコミュニケーションが安価にできる
		5. 自然言語処理機能	• 日本語・英語理解能力 • 翻訳能力（日本語⇔外国語） (4)

表２－１２　知的活動を支援するためにシステム側で持つべき機能・能力　(2)

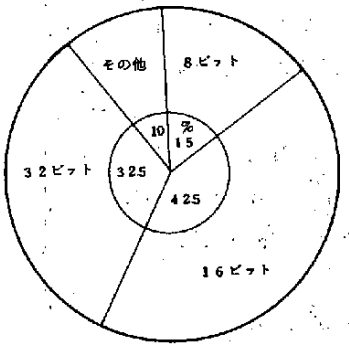
分　類	機　能　・　能　力	分　類	機　能　・　能　力
5. 自然言語処理機能	• 3ケ国程度（日本語，英語，ドイツ語など）が自由に相互変換でき，世界的なデータベースのセンターと交信できる • 日本語処理　(2) • 日本語を含む自然言語処理 • 音声の解析・処理能力		• 現在のＶＮＩＸが持っている機能を少し拡張すれば十分である • 印刷情報やテレビ放送からの情報との結合 • Ｓｍａｌｌ　ｔａｌｋのようなソフトウェア • ＸＥＲＯＸのＳｔａｒのような事務処理パッケージ
6. そ　の　他	• 思考能力 • 図形処理能力　(4) • あいまいな質問にも答える能力 • 難しい言語や繁雑な使用法を習得しなくてもソフトウェアが開発できるシステム		• 既制システムとの互換性 • 処理スピードの高速化　(2)

(3)　知的活動に必要な機能を実現するための具体的なシステムの性能と構成

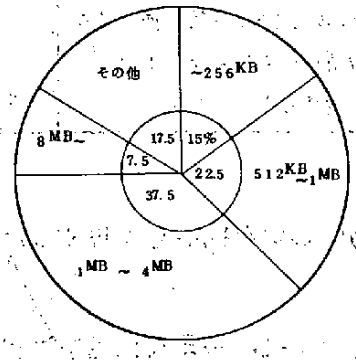
知的活動の支援に必要な機能を実現するために，どのようなシステムの性能と構成（すなわち①プロセッサの幅，②内部メモリのサイズ，③外部メモリのサイズ，④ディスクプレイの解像度，⑤通信速度，⑥入出力，⑦データベース，⑧その他）が必要かとの設問の回答は，図２－４のとおりであった。

図２－４　知的活動に必要な機能を実現するために必要なシステムの性能と構成

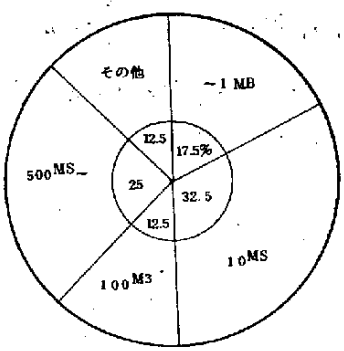
① プロセッサの幅



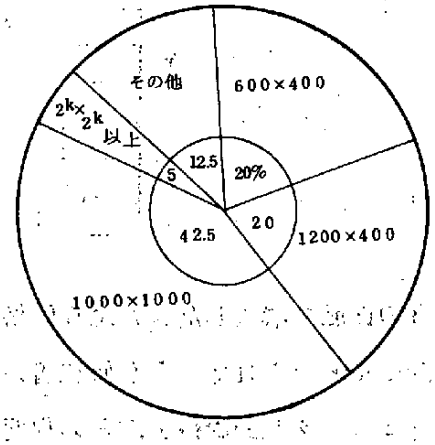
② 内部メモリのサイズ



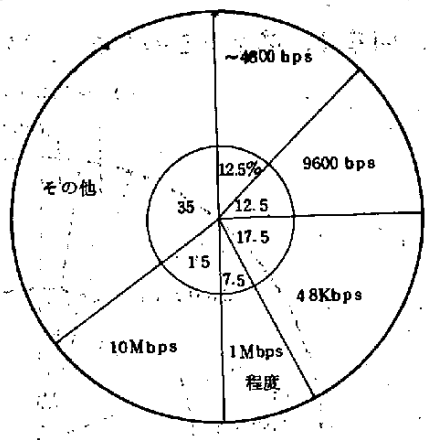
③ 外部メモリのサイズ



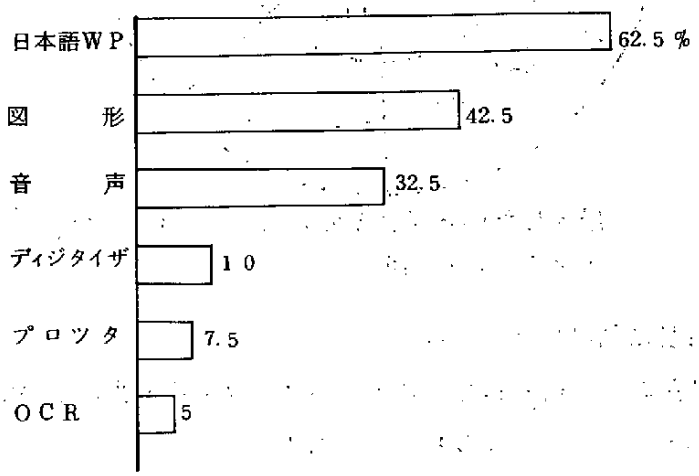
④ ディスプレイの解像度



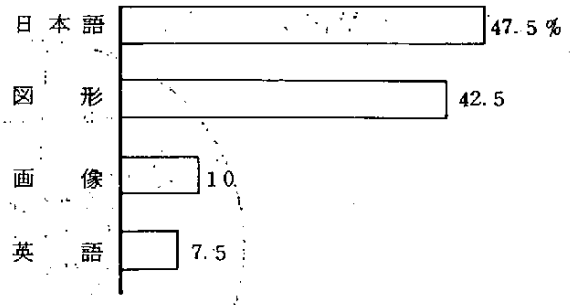
⑤ 通 信 速 度



⑥ 入 出 力



⑦ データベース



(4) (3)の性能で購入したいと思う価格

(3)にまとめられたような研究者の要望を十分満たす「個人用マイクロコンピュータ」の価格が，どの程度なら購入したいと考えるかという設問の回答は，図2－5のとおりであった。

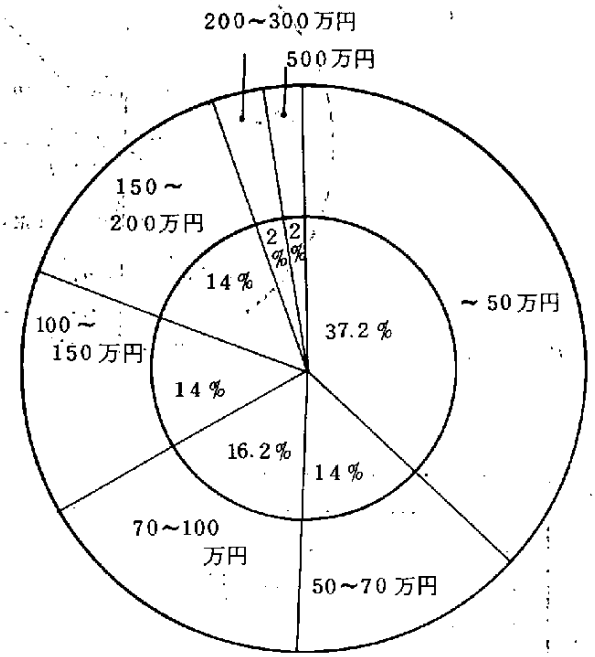


図2－5　購入したいと考える個人用マイクロコンピュータ・システムの価格

(5) 知的活動に利用したい言語

知的活動向き言語として，将来どのような言語を使いたいかという設問の回答は，表2－13のとおりである。

表２－１３　知的活動に利用したい言語

分　類	言　語	分　類	言　語
1. 利用したい具体的な言語名	• Ada (5) • LISP (5) • BASIC (5) • C (4) • Forth (3) • FORTRAN (3) • Pascal (2) • アセンブラ (2) • Smaltalk • PROLOG • Snobol • SIMPL • APL		• BASIC等の言語の修得のいらない対話型プログラム • VISICALC, PIPS等のプログラムレスで使えるもの • CRTを見ながら，ライトペン等で，グラフ的にプログラムできるもの • C言語のように，プログラマの責任において最適化するシステム言語 ・最適化をやりすぎない ・必要なことは，必要なときに増す拡張性 ・簡略化ができる
2. 利用したい言語，および処理系の持つべき機能	• 大規模なプログラム作成可能な構造化言語 (3) • 割込処理とマルチタスキングが可能であること • 強力なライブラリ機能を持つ • 会話型であること • 関数型言語 • 細かな手続き記述の必要のない非手続言語 • 言語，文字ではなく，図形，画像で表現できるような体系（言語で表現するのはもどかしい） • 構造化言語というより，Forthのような自己増殖能力をもついわば“機能化”言語 • 究極的には，バカチョンの超高級関数電卓のようなもの • 特別な場合を除いて，簡単なコマンド／メニュー入力により，必要な機能が得られるシステム		• 日本人用の言語（英語的でないもの (例) IF …… THEN ……を …… ナラバ…… • 自然言語あるいはそれに近い言語 (2) • 図形処理のできる言語 • 日本語をうまく扱える言語 • 音声による自然言語でデータベースがアクセスできるソフト • 不完全な記述でも，システム側が理解する能力 • 概念的に飛躍のない言語（新しい言語は，そう容易とは使えない。言語については大方の人が保守的） • 問題指向型言語

(6) ユーザ言語に必要な改良と開発

ユーザが利用する言語をより使い易くするためには，どのような改良または開発が必要かという設問の回答は，表２－１４のとおりである。

表２－１４　ユーザ用言語を使い易くするために，必要な改良と開発

必要な改良・開発	必要な改良・開発
• データベースアクセス言語とプログラミング言語を一体化した様な言語の開発 (5) • 自然言語に近い問題指向の会話型プログラミング言語 • 機能を専用化した言語群で，各々が類似の表記法，使用法を持つもの • 単一言語では将来にわたって対応できないので，基本的な部分を共通化し，組み合せ利用が可能な形で増設していけるもの • 高位言語とアセンブラを混在して記述できる言語 • コンパクトであること • 複数のレベルを持ち，初心者から実用まで必要に応じてレベルを変化して使用できるもの • 必要な時には，マシンに直接触れることができるもの • UMIXのShell コマンドのようなものが一番良い • Forth のような自己増殖能力があるもの • 文章形式だけでなく，絵的に表現できるもの • 図形的に表現でき，ディスプレイとライトペンで会話できる言語 • 文法エラーなど，システム側で理解できるものは，勝手に正しい文法に直してくれるような知的な言語	• 一般用語とほとんど共通な言語 • 図形処理用標準化言語 • 画像処理用言語 • 音声入力による自然言語プログラミング • ファイル管理言語 • 全てのハードウェアの機能が利用できる言語 • BASICに変るインタプリタおよびコンパイラを持った言語 • データベースの作成，アクセスを使い易くするもの • ディスク制御に関しては，できるだけシステム側で面倒を見るべきである • 大型計算機の仮想記憶のようにユーザが気を配る必要のない方向に改善していく必要がある • プログラム作成支援プログラムの開発 • メモリエリヤ操作およびI／O機器操作をより簡略に • 通信ソフトウェアのサイズの小さいもの • ソフトは全て，大型機の資源を利用する • エディタ，デバッガなどユーザのレベルに合った抽象度が必要

(7) 知的活動に必要なソフトウェアパッケージ及びデータベース

知的活動に利用するためのソフトウェア・パッケージあるいはデータベースとして，どのようなものが必要かという設問の回答は，表２－１５のとおりである。

表２－１５　知的活動に利用したいソフトウェア・パッケージ／データベース

1. 文献検索，DBMS関連	• 専門文献データベース (4) • サイコロジカル・アブストラクト • プログラムアルゴリズム・データベース • 百科辞典や専門辞典の知識ベース • 漢字辞典データベース • 研究情報，生活情報データベース • アイデアの原資となるようなデータベースなら，各分野のものを利用したい • 医療診断アルゴリズムデータベース • 覚えやすい検索ソフトウェア • 文献検索ソフトウェア (2) • 汎用DBMS • リレーショナル型DBMS (2) • 個人用データベースの作成・管理に利用できるDBMS • 画像情報を扱えるDBMS • 図形を扱えるDBMS • あいまいな記憶をもとに検索するソフトウェア • 構造定義と操作言語をもつ簡易DBMS	3. 図形処理関連	• 図形処理用ライブラリソフトウェア (2)
		4. 数式処理関連	• 数式処理言語 • 数式処理システムソフトウェア
		5. 編集	• 日本語ワードプロセッサパッケージ (3) • エディタ
		6. 設計	• 小規模CADシステムとソフトウェア
		7. 管理	• マネジメント，技術管理，企画等における手法，手順，チェックリストのデータベース
2. 機械翻訳関連	• 各種言語間の翻訳用ソフトウェア • 日本語，英語認識ソフトウェア • 日本語，英語翻訳ソフトウェア • 外国語への翻訳ソフトウェア	8. その他	• 音声認識アルゴリズムとソフトウェア • 音声入力でデータベースの作成ができるシステム • 物理現象をシミュレートできるシミュレータ言語 • マイコンシステムの開発用および教育用のCAIのためのソフトウェア • 各種CPUで互換性のあるソフトウェアパッケージ • メーカで各種パッケージを提供して欲しい • UNIXユーザコミュニティのようなソフトウェアの交換が行えるメカニズムが整備されれば良い

(8) そ の 他

知的活動に利用する「個人用マイクロコンピュータ・システム」に関する自由な意見を求めた。回答は表2－16のとおりである。

表2－16 知的活動に利用する「個人用マイクロコンピュータシステム」に関する自由な意見

- 今後，スーパーパーソナルコンピュータが開発されるのは時間の問題であり，これを用いた研究活動の質的変化に期待するところが大きい。また，この種のシステムを用いた分散型情報処理システムについても興味を持っている。今後ますますソフトウェアの重要性が増すと考えられる。

- 個人用マイクロコンピュータシステムという一つのツールをどのように活用するかが最大の課題と思われる。このためには，知的活動とは何か，その中でコンピュータの果し得る役割とは何かを試行錯誤的に検討していくことが必要と考える。

- 計算機による“知的”とは何かを知らないと夢ばかり大きくなる。有能な秘書があればよいので，秘書にはcreationを頼まないと考える。単に，省略された形での命令を実行するもので良い。

- コンピュータを知的活動に利用するには，そのソフトウェアは膨大な量になると考えられる。仮に，そのようなソフトがあったとしても，今後は処理速度が問題になる。和文英文がうまくできても，応答が遅くては使いものにならない。それには，やはり最初にCPUの処理能力が問われる。

- マイコンを知的活動に利用しなくとも，マイコンの活用が生活に時間的ゆとりを与えるのならば，その得た時間を知的活動にふりむけることで良いのではないか。例えば，家事の合理化などはまだまだ課題があり，それをマイコンなどでオートメーション化を進めたところで，それで主婦の立場をうばうことにはならないと思う。

・パソコンは，大型汎用機の低価格版ではなくて，個人向けのものであるべきことを忘れてはならない。
共用と個人用，標準と特殊という対立テーゼが投げかける問題の最適解は，時代とともにめまぐるしく変わるであろう。

・日本人がもっとパーソナルコンピュータのソフトウェアを開発できる環境を作ることが，マイクロコンピュータ振興団体の義務であると思われる。
振興団体は，日本人の作った秀れたソフトを評価し，外国へ販売・流布させることを第一の目的とすべきである。
ハードウェアのコピーは日本で作り，ソフトは全て外国から買うようでは，個人用マイコンの発展はあり得ない。

・現在の私が，マイコンで恩恵をこうむっているのは，カールゲイック，マイクロソフト社，コモドール社の働きである。１６ビット機，３２ビット機で日本のソフトが世界を席巻することがあるのだろうか。日本の研究者諸氏がソフトの面で大いに頑張って下さることを期待します。

・ソフトウェアの開発が大変であり，価格が非常に高くなることが心配。現在でもコンパイラは年々少しづつ高くなっている。

・個人用データベースを作り上げる上で，現在データ入力の困難さが，大きなネックとなっている。漢字を含めた日本語データの簡易な入力技術が切望される。

・現在では，入力にどうしても英文字キーボードを使用せざるを得ないわけで，これでは個人用に使用が普及するには，自ら限界がある。かといって，日本語入力のできるキーは，操作性が問題となり，結局のところ，音声による入力が一般化しないと個人的ユーザは得られないと考えられる。そこが英・米などとの違いだと思う。

・バッテリードライブ可能な持ち運び自由の電子メモ帳で，音声，画像等のアナログ信号も書き込めるメモ帳が個人用マイクロコンピュータの将来ではないかと思う。

・個人でほんとうにマイクロコンピュータシステムが必要かどうかわからないが，一部の人々には，かなり高度に使用するようになると思う。
信頼性が一番大切であると思う。

・プログラマ以外の人が，個人用マイコンを使うのは難しいだろう。
従って，知的プログラマのための個人用マイコンを普及させることが当面の課題ではないだろうか。

・本体はオフィスに，家に更に簡便な端末が置けるようなシステムが望ましい

・周辺装置接続のためのハード，ソフトの共通化とコストダウンが課題。

・まず，システムが個人で買える程安価になること。
買ったら即使えるようなシステムであること。
既成のシステムとのコンパチビリティが配慮されていること。
広く情報を集収したり，拡散したりできる態勢が整っていること。

・国産のマイコンは，あらゆる面で開かれた構造となっていない。
立派にみえるのは，ＣＲＴ関係だけで，中身の進歩はほとんどない。
シリアル，パラレル通信能力のポテンシャルの高いものが必要。

・個人用マイクロコンピュータは，特に知的と銘打つようなものでなく，万人のものになるはずで，下駄とはいかないまでも，自転車程度になるべきだと思います。
どの中学にも，日本語ＢＡＳＩＣを全員に教える施設がそなえられるべきでしょう。

・女性，子供が利用しうるような形にまで進化しないと，価格だけがパーソナルに買えるレベルに過ぎないと思います。

・ガス・水道並みに通信システムによるホストコンピュータの使用が可能なら，マイコンは必要ない。要は価格の問題と思う。

第３章　調査結果の分析とコメント

第２章に示したように，調査の回答結果はかなり多岐にわたるので，一見しただけではその要点を把握しにくいかもしれない。そこで，この章では本調査委員会の各委員による回答の分析と，さらにはコメント，意見を集約的に述べてみよう。

3.1　現在のパーソナルコンピュータの問題点について

これは主として，調査の〈1〉質問５に対する回答に関するものである。

(1)　ハードウェアの問題点

分　　析

ハードウェアについては，処理速度，メモリ容量，ディスプレイ，入出力機器などの諸項目が考えられる。

現在のパーソナルコンピュータで，上記項目はいずれも満足なものではない。非常に大雑把にいって，ユーザが要求しているレベルは，処理速度は１ＭＩＰＳ，主記憶容量は１ＭＢ（現状の８ビット，６４ＫＢでは不満），二次記憶容量は１００ＭＢ，そしてディスプレイの解像度は1,000×1,000ドット（新製品化されている６４０×２００ドットでは不満）程度であるとみられる。二次記憶装置の処理速度向上の要求も強い。これは画像，図形（及びその一種としての漢字）処理を行いたい，しかもそれに高位言語を利用したいという要望が多いことを示している。また，大きなソフトウェアに対して何段もオーバレイを実行するのでは困るという意味もあろう。

入出力機器については特に不満が多い。すなわち，価格が高いこと，種類が少ないこと，信頼性が低いこと，（通信）端末としての能力が不足していること，大形機用との互換性が乏しいこと，などが指摘されている。価格については，ＣＰＵやメモリの価格が２桁程下った間に，入

出力の方は１桁も下っていない，従ってユーザとしては入出力機器に大半の費用をつぎ込まねばならないという実感がある。種類については，標準的なキーボードの他，ライトペン，手書き文字，図形・画像入力，音声入力などに対する要望が強い。

コメント

- 主記憶１２８ＫＢあるいは１ＭＢという要求は，１６ビット機種になれば自然に満たされるようになろう。
- 二次記憶１００ＭＢという要求は，ハードディスクが必要ということを示している。
- ディスプレイで4,000×4,000ドットという要求もあるかと予想したが，まだ現れていない。
- 入出力機器については，伝統的な大・中形機を小さくしたものがマイクロコンピュータであるとした現在の安易な製品仕様の欠陥を集約的に指摘したものと受取れる。今後，メーカには新しい（逆転の）発想法と創意工夫が求められている。

(2) ソフトウェアの問題点

分　　析

システム・ソフトウェアに関しては，オペレーティング・システム（ＯＳ）やモニタについての不満が大きく，特にＴＳＳ用のＯＳに対する不満が大きい。また国産で良いものがないので，日本語処理，ファイル処理，ユーザ・インタフェイス機能について不備が多いと指摘されている。システム・ソフトウェアの互換性のなさ，標準化に関する問題点を提起する意見も極めて多い。さらに，リポートやドキュメント（マニュアル）の不備に対する不満も多い。

ユーザ言語に関しては，最も代表的なＢＡＳＩＣについての評価がおよそ二分されている。すなわち，一方はインタープリタの手軽さと８ビット機種で一応標準的であることを評価し，言語の種類があれこれと増

加するのは好ましくないので，ＢＡＳＩＣが定着することを歓迎する意見である。ただしその中でも，現在のＢＡＳＩＣには各種の方言（機種による差異）がなお存在しているので，仕様のより一層の標準化を求める声がある。他方は，プログラムの構造が把握しにくい，ローカル変数をもてない，手続き呼出し時の引数引渡しができないなど，ＢＡＳＩＣの不備な点に不満を表明する意見である。そして今後は，問題向き言語が出廻ることを要望し，また英語的ＢＡＳＩＣ中心の体系から，日本語的言語体系への移行を希望する向きも多い。

アプリケーション・パッケージについての意見は少ないが，より高度なパッケージを安価に入手したいという希望はある。

コメント

- １６ビット機種の出現に伴って，より整備されたＯＳの開発と普及はわが国でも徐々に進展しつつある。しかし，ニーズの高い専用の画像処理用，日本語を含む事務処理用，ＣＡＤの制御用のようなＯＳに対しては，将来想定される方向は未だ不明確であり，システム・ハウスやソフトウェアハウスの創意工夫が望まれる。
- 今後，ＰＥＲＱやAlto クラスのいわゆるスーパー・パーソナルコンピュータ向きには，Mesa や Unix 程度のＯＳが必要とされよう。
- 言語については，問題向き，日本語処理向きの開発ニーズが高まるであろう。

(3) システム全般

分　　析

まず，標準化に対する要望が極めて強く，ＤＯＳやインタフェイスに関するものが過半数を占めた他，ＯＳ，通信機能，エディタ，アセンブラ，言語（ＢＡＳＩＣ）などの多岐にわたっている。ただし，今後１６ビット機種の普及が想定されるので，現在の８ビット・パーソナルコンピュータについては今更標準化をはかる必要はないとの意見もみられる。

保守サービスについては，メーカによるサービスとサポートの質，特にソフトウェア（アフタケアも含めて）や地方でのそれに不満が見られる。また，マニュアルに対する不満は圧倒的である。その内容が不十分なこと，読みにくいこと，必要な知識が盛られていないことなどで，市販のパソコン雑誌に依存せず，メーカが十分な準備をすべきだという指摘は鋭い。

その他，周辺機器（特にフロッピーディスクドライブなど）の価格の高さ，ソフトウェア流通市場の未確立，ソフトウェアの著作権の未確立システムの陳腐化の早さなど多くの問題点が指摘されており，パーソナルコンピュータは要するにまだ商品として未熟な段階にあるとしている。

コメント

- 多くの指摘は，ユーザ側からみて誠に当を得たものといえ，メーカ側が銘すべき点ばかりである。
- マニュアルやソフトウェア・サポートの不備は早急に改善されるべきであるが，今後の方向として次のような一段と進んだ工夫も必要であろう。すなわち，マニュアルがディスプレイ上で見られるようにすること，習得用のＣＡＩシステムを内蔵すること，手づくりでハードウェアの拡張ができるレベルのガイドをつくること，などである。
- その他，次のような要望も取入れられるべきであろう。すなわち，プロフェッショナル向きの製品の開発，ＰＥＲＱ相当機種の低価格化，高校教育レベルへの設計技術の導入，マイコンクラブのような組織の充実と公的化，普及のための賞を制定，などである。

3.2 パーソナルコンピュータを将来利用したい知的活動分野（用途）

これは，調査の〈2〉質問１への回答に関するものである。

分　　析

個人で使用するマイクロコンピュータの用途は，業務（仕事）用と家

庭用の2つに大別されるが，まず双方をひっくるめて上位5つの用途をみると次のとおりである。

1. 個人用データベース（圧倒的に多い）
2. 文書の作成
3. 文献の整理・検索
4. シミュレーション，ＣＡＤなど
5. 外部との通信用ステーション

以下では，業務用と家庭用とに分けて見ることにしよう。

(1) 業務（仕事）用

業務用，家庭用を通じて，データベースに用いるとの回答が圧倒的に多い。内容は，人事，予算，予定，研究メモ（仕事の中間結果），学生（成績など）のデータなど多くの種類を含んでいる。現在，人びとはメモ，カード，テープレコーダなどの手段をこの用に当てているわけであるが，それをコンピュータ化したいというニーズは極めて大きい。

次いで，学者，研究者，技術者に多いのは，論文，設計資料，報告書その他一般文書の作成に用いるというものである。文書作成の効率化という要求は，ワードプロセッサの高度化に対するニーズともいえよう。

文献の整理・検索には，抄録作成，機械翻訳も含まれていて，内外の文献を必要に応じて手に入れたいという要求である。これはデータベース，文書作成及び外部通信の項目と密接な関係をもっている。

シミュレーション用は，アイデアを直ちに検証し，その結果を図や表で表示してみるということで，最も直接的な知的作業支援の形態といえる。ＣＡＤも似たような性質をもっている。

外部との通信用ステーションとしての利用は，外部の（大形）コンピュータ・ネットワークやデータベースと結合することにより，汎用コンピュータの利用，他機関との情報交換（流通）とデータの相互利用，業務上の外部データベースの利用などを可能にしようとするものである。

(2) 家　庭　用

業務用が初めにあげた項目1～5のすべてにかかわっているのに対し，家庭用は主として個人用データベース用と外部通信用とにのみかかわっている。家庭情報用データベースのニーズも大きく，内容としては家計，税金，住所録，健康管理など多種のものがあげられている。外部通信用は，各種の生活情報データベースを利用するために端末ステーションとして用いるものである。

その他，主として子供のためのＣＡＩシステム（学習，ソロバン，ピアノなどの教師の代用）やゲームのトレーナ用，趣味（作曲，作図など）のＣＡＩもあげられている。しかし，総じて家庭用の範囲は限られており，必要度も業務用と比べると低いようである。ユーザの間でまだ十分イメージ・アップがなされていないのが現状といえよう。

コメント

・数年先の用途を想定する場合，本当はこういうことに使ってみたいという夢あるいは期待を含めた答えと，現状から考えて，この程度のことは数年先に多分できるだろうという現実的な答えと，2通りの答え方があるだろう。今回の回答もその両者が入混っていると見た方がよさそうである。それにしても，思いきった夢を展開した回答は意外と少なかった。それは，一つは数年先という時間の短さによるものであり，また一つはその頃にどの程度の機能が実現しているかというイメージが，明確に示されていないことによるものであろう。

・あげられた用途の多くは，既に現在の大形コンピュータでも部分的に適用されているものであり，また現在の8ビット形パーソナルコンピュータでも，貧弱ながら実現されているものもある。これは，一面では人間の知的活動の本質的要素がツールによってそう変るものではないことを示しており，また他面では現在の大形機もパソコンも，本来の要求を十分満たしてはいないことを示している。

・知的活動にとって，データベースはいわばインプットであり，文書（論文）はアウトプットである。だからその両者に対するニーズが最も強いというのは当然とも考えられる。それに対して知的活動過程そのものに利用することはどう考えるべきなのか。シミュレーション，CAD，CAIなどはその例であるが，より広くより深く立ち入った利用のあり方は今後の大きな課題である。

・上記の課題については，人間の思考の本質と人間対コンピュータの相互関係の本質についての十分な検討が必要である。その際，主人はあくまで人間であり，コンピュータはそのツールであるという図式を忘れてはなるまい。その上に立って，何が人間にとって有効であり，何が人間のすべき仕事で，何がコンピュータの役割りか，を掘下げる必要がある。寄せられた回答のほとんどは，コンピュータの知的活動への利用について前向きであり，積極的であったのは識者のレベルを示すものであろう。しかし一方では，「コンピュータをへたに使うとかえって思考範囲をせばめる結果になる」，「電卓を使うと計算能力が落ちるように，コンピュータによって知的活動が阻害されることもある」，「人間の知的活動はコンピュータといったツールに本質的に左右されるものではない」といった指摘もあったことに十分留意したい。

3.3　知的活動を支援するのに必要なシステムの機能

これは，〈2〉質問2への回答に関するものである。

分　　析（3.1をも参照のこと）

必要とされる機能の上位5項目は次のとおりである。

(1)　高度な入出力装置

(2)　大容量メモリ

(3)　個人用データベース及び文書作成用のソフトウェア

(4)　通信機能

(5) 自然言語処理能力

まず，高度な機能をもつ入出力装置に対する要求は極めて強いものがある。その中で，特に多くの要求があった装置は，入力としては日本語入力装置（キー及び音声によるもの）であり，出力としては高解像度・高品質画質のＣＲＴディスプレイである。その他にも，手軽な図形・画像入力装置，手書き文字入力装置，高印字品質のドットプリンタ，ＶＴＲやＴＶとのビデオ入出力インタフェースなどがあげられている。

メモリについては，主記憶装置の大容量化もあるが，外部記憶装置の低価格・大容量化の要求が強い。１００ＭＢ程度が一応の要望であるが，中には生涯を通じて使える程度という希望もある。

データベースや文書作成用ソフトウェアは，3.2の用途からみて要求があるのは当然である。日本語が使用できること，共用データベースから個人用のものを編集できること，なども必要とされている。

通信機能についても，要求があるのは当然である。国外のネットワークとの交信も安くできるようにという要望もある。

自然言語処理能力は，一つには情報検索的用途から，他にはプログラミング言語との関連から要求されている。前者は質問の意味の理解，あいまいさをもつ質問の理解，翻訳能力などを含み，後者はなるべく自然言語に近いものでプログラムできることである。

コメント

・要求されている機能はいずれもかなり高度なものであって，実現までには時間を要するだろう。ハードウェアの問題の方はやや実現が容易かもしれないが，個人用ということを考えれば，価格・経済性の点が鍵となるであろう。

・現在でも，入出力装置は個人用のマイクロコンピュータの最も大きなネックと考えられているが，将来ともネックとなる恐れは十分にある。人間が図形・画像・音声など，どれほど多彩な入出力手法を用いて知

的活動を行っているかということに，改めて感心させられる。

- 大容量メモリ，自然言語による処理という要求は，個人的利用では高速性ということよりも，処理の物理的能力やソフトウェアのサポートなど，要するに“使い易さ”に主眼があるといえる。
- シミュレーションやＣＡＤ用のソフトウェアに対する要求が見られないのは不思議とも思えるが，これらはやや専門的なために，自作ということが念頭に置かれているのかもしれない。
- プログラム作成能力についての要求があまり出ていないのは何故だろうか？　現在の日本語ワードプロセッサなどを見ていても，ソフトウェアが大きな問題で，利用者の個性と一律なソフトウェアとが必ずしもマッチしていない。だから，何らかの形でのソフトウェア作成能力機能，あるいはソフトウェア選択機能が将来必要であると思われる。要求が未だ顕在化していないのは，利用者がまだパーソナルコンピュータを十分に使いきっていない，あるいはそのような状況を十分想定していないためかもしれない。

3.4　知的活動に必要な機能を実現するシステムの性能と構成

これは，〈2〉質問３への回答に関するものである。

分　　析

結果については前章 2.2 (3)の各図を参照されたい。

コメント

- プロセッサの幅（ビット数）については１６ビットが最も多く，３２ビットがこれに次いでおり，両者で全体の７５％を占めている。これは将来のパーソナルコンピュータに対する高級化のニーズを端的に示している。これに対応して，内部記憶１ＭＢ前後，二次（外部）記憶１０ＭＢ 以上となっているが，二次記憶に１ＧＢ以上のものが２０％程度あることは注目に値する。
- 通信速度については，４８Ｋbps 以下の標準速度が多数の要求である

が，10Mbpsに上位のピークが見られるのは，Ether Networkを前提としているためであろう。

・入出力装置に関しては既に述べたとおり，日本語；図形・画像，音声の3者で大半を占める。

3.5 知的活動に利用したい言語

これは，〈2〉質問5－1に関するものである。

分　析

言語としてはBASIC，Ada，C，FORTRAN，Pascalといった，いわば基本システム記述言語が多いが，LISP，Smalltalk，PROLOG，Snobol など新しい型のものもかなり期待されている。特にLISPはかなりの人が必要と思っており，パーソナルコンピュータにおける将来の流れの一つを示している。またAda については，現在の仕様よりももっと簡潔でかつ強力なものという注文がある。

さらに，自然言語（あるいはそれに近い言語）に対する要望は多い。また，図形処理に向いた言語あるいはソフトウェアへの要望も多い。回答は「自然言語」，「日常言語」，「キーワード方式か自然言語に近いもの」，「英語（西欧語）的でなく，日本人向きの言語」，「日本語の体系に既したソフトウェア」と表現のニュアンスはさまざまであるが，いずれにしてもこれらに対する要望・要求は圧倒的なものがある。

別の方向の意見として，特別な言語は不要であるというものや，アセンブラの必要性を強調したものもある。これは，メーカ“おしきせ”の応用には満足せず，より自由度の高い発想から“手づくり”を主張するものと見られ，これはこれで一つの納得のいく意見である。

コメント

・標準化については，言語を一つ乃至少数に絞り込むことでは必ずしもあるまい。むしろ，問題向き，用途別に各種のものがあってよく，た

だ各言語については標準化をはかるべきである。

- ＬＩＳＰ，Smalltalk，ＰＲＯＬＯＧなど，記号（図形）処理的かつ会話（対話）的な言語に対する志向が全般に読みとれる。会話には記号の他，図形や音声をも合わせて使い，また日本語を使いたいというのも当然の要求である。これらの点で，今後の本格的な検討と開発が望まれる。
- ＢＡＳＩＣなどの標準的言語に対する支持が多いのは，従来のソフトウェアの蓄積や経験をおもんばかる，いわば言語の伝統性，保守性の面を考慮した意見であろう。
- 大形コンピュータではポピュラーなＰＬ／１，ＣＯＢＯＬが取上げられていないのは注目される。ＰＬ／１は処理系の大きさと使いにくさというイメージが災いしたのかもしれない。ＣＯＢＯＬについては，データベース用にはＰＩＰＳ，ＶＩＳＩＣＡＬＣなどのプログラム不要型の言語が既に現われており，ＣＯＢＯＬでプログラムを書く手間は避けたいということであろうか。

3.6　利用言語の改良と開発

これは，〈2〉質問５－２に関するものである。

分　　析

この質問は，回答者にとってはやや難問のようであった。そこで，調査票中の回答例「データベース・アクセス言語とプログラミング言語の一体化した言語の開発」でよいとするものがかなり多数にのぼった。

回答中のキーワードを拾い出すと，図形，日常語，会話的，問題向き，音声入力，エディタ，コンパクト，通信などである。これらの点は既に3.5でも触れたとおりで，極言すればバカチョン用言語というイメージである。中には，Unix の Shell コマンドのようなものというやや高級志向の意見もあり，また利用者のレベルによって言語の反応が異なる

ような，知的なインタフェイスに対する要望も多い。

コメント

- 回答例は一つの公約数的なイメージとも考えられる。
- 入出力装置やディスク回りの制御が課題となっているのが少なくないのは，現在のユーザが困っている一つの点だからであろう。
- 要求されている諸点は，8ビット機種ではメモリ容量の制約などから実現困難なものが多い。しかし，16ビット機種の新規開発に当たっては，関係者が十分考慮すべき重要な示唆であるといえる。
- わが国では未だ言語作成者と利用者との交流が未熟なのではないか。今回の回答でも，利用者が現在抱えている問題点を，十分に伝えきっていない感もある。

3.7 ソフトウェアパッケージ及びデータベース

これは，〈2〉質問5－3に関するものである。

分　　析

回答中であげられたパッケージは，およそ文献・知識検索，機械翻訳，図形・画像処理，数式処理，編集，設計，管理及びその他に分類できる。詳細は既に2.2(7)に表示したとおりであるが，かなり野心的なものも含まれている。

コメント

- データベースについては，汎用の個人用パッケージというのは難しい面もあろう。やはり個々人の要求やノウハウもあると考えられるからである。
- 数式処理関係が登場したのは興味がある。科学技術用として電卓の延長上に位置づけられるものであろう。また知識ベース的な処理とも関係がある。
- 回答にあるようなパッケージやデータベースの多くの利用者主導によ

って完成されるものであろうが，その基礎となるハードウェア及び基本ソフトウェアがどのようなものであるべきかについては，供給者（メーカ）側の重要な課題となるはずである。一般的にいって，将来の技術的可能性のイメージが明確でないと，利用者側としてはオール・オア・ナッシング型の発想しか持てないということもある。今後は，供給者と利用者の活発な交流によって，優れた健全な発想が触発されることを望みたい。

3.8 将来のパーソナルコンピュータ・システムについての自由意見

これは，〈2〉質問6に関するものである。

分　　析

いくつかの課題・問題点及び期待・要望が寄せられたが，それらの要点は既出の各節で示されたものに含まれるといってよい。ただ，「日本産のマイクロコンピュータは開かれた構造になっていない」，「ソフトウェアについては米国製の借りものであり，今後開発を奨励する体制を整えなければならない」との鋭い指摘や，「パーソナルの意味をよく考えて，使いやすく，信頼性と将来にわたっての互換性の高いもの」，端的にいえば優れた商品性を有するものに対する要求，「知的活動のツールとしての役割りをはっきりさせるべきである」という本質に関する意見などは貴重である。

コメント

- 既に幾度か指摘されたように，現在のパーソナルコンピュータに対する不満は多く，従って裏腹に，将来に対する期待は大きい。現在のものは，単に価格だけがパーソナルではないか，という意見に素直に耳を傾けたい。
- "パーソナルな知的活動"というとき，その意味するところを深く吟味する必要がある。コンピュータを使えば誰でも自ら優れた知的活動

を行うことができる，というような錯覚，虚像をうたい文句にしてはならない。人間にとって最も大切な知的活動が，そんなに簡単なものではないはずである。コンピュータはあくまで道具であるという，謙虚な立場が基本である。直接に知的活動に使われなくても，（非知的活動を減らして）時間のゆとりができ，結果として人間が知的活動を活発にできればよいのだという意見も出されたが，正論というべきであろう。

- 将来のパーソナルコンピュータには，およそ2通りの発展形態が考えられるのではなかろうか。つまり，一つはバカチョン式の手軽なコンピュータである。価格はもちろん安く，買ったら大した勉強をしなくても，誰でもその日から使える。従って，ヒューマン・サイドに立ったプログラミング体系やオペレーションが強く求められる。極端にいえばまったくプログラミングのいらないようなコンピュータである。それと対照的にもう一方は専門家向きの高級なもの，今のいわゆるスーパー・パーソナルコンピュータの系列である。こちらの方も，もちろん使いやすさ，プログラミングのしやすさはできるだけはかられるが，ユーザはむしろマイペースで疑った使い方のできる自由度を欲するから，ハードウェアもソフトウェアもさまざまなオプションを付ける形になる。簡易言語や音声入力も，人によっては拒否するかもしれないのである。いずれにしても，ちょうどカメラの歴史がそうであったように，大衆向きと専門家（またはマニア）向きに二極化の傾向を辿ることが予想される。
- 新型機が続々発表されるのはよいが，それが商品のライフ・サイクルを短くし，ユーザをとまどわせている。保守，互換性，下取り，リースなど，ユーザ・サービスの体制を整えることも大切である。

第２部　今後の中心的技術動向

第２部　今後の中心的技術動向

第１部で示されたように，現在のところ「個人用マイクロコンピュータ」すなわちパーソナルコンピュータは，多くの課題を抱えている。「個性的な知的活動」に利用されるツールに困難な課題があるのは当然ともいえようが，近未来的に考えて，いくつかの有力な解決手段も既に具体化しつつある。この第２部では，中心的な技術として３２ビット・マイクロプロセッサ，言語Ada，マンマシン・インタフェイス，ローカル・ネットワーク及びシステム化技術の５つを取上げ，それぞれについて現状をまとめるとともに，今後の動向について展望を試みる。

第1章　32ビットマイクロプロセッサ

第1章　32ビットマイクロプロセッサ

1.1　32ビットマイクロプロセッサ出現の背景

マイクロプロセッサの性能向上の歴史は，ミニコンピュータの歴史を追いかけてきたものであると言うことができる。その関係を典型的に示す例として図1－1にミニコンピュータのトップメーカーであるＤＥＣ社とマイクロプロセッサのトップメーカーであるインテル社の製品発表の歴史を比較して示した。縦軸は計算機の語長にとってあり，語長の拡張がどのように行われてきたかが解かる。ＤＥＣ社のミニコンピュータは1965年に発表された12ビットのＰＤＰ8からはじまる。当時としては低価格の簡単な計算機として広く使用された。5年後の1970年には16ビットのＰＤＰ11が発表された。12ビットから性能がグレードアップされ，その後ミニコンピュータの標準となった。さらに9年後の1979年に32ビットのＶＡＸ11が出た。この間，多数の系列機種が出ているが，基本的には2段階のグレードアップを14年かかって行ったことになる。一方マイクロプロセッサは1971年に発表された4ビットのｉ4004からはじまった。周知のようにこの機種は電卓用から変形されたもので，計算機としては貧弱なものであった。1973年には8ビットの標準品種になったｉ8080が出た。このプロセッサは計算機として一通りの機能をもつものであった。当時のミニコンピュータは16ビット時代になっていたので，低価格の超小型計算機としての応用分野を新しく開いていった。マイクロプロセッサの発達はその後も続き，1978年に16ビットのｉ8086（後にｉＡＰＸ86／10と名称が変更された)が開発されて，16ビット分野はマイクロコンピュータの領域になった。16ビットマイクロプロセッサの中にはミニコンピュータ以上の性能をもつものも出現してきている。そして1981年になって32ビットのｉＡＰＸ432が発表された。この間10年であるから，いかにマイクロプロセッサの進歩が急速であったかわかるであろう。なお図中のＴＭＳ1000は現在最も多量に使用されている4ビット1チップマイクロコンピュータの最初の機種である。

32ビットミニコンピュータは，1976年にはじめてインタデータ社（当時）からＩＤ7／32という機種が発表された。長い間ミニコンピュータの標準と考えられていた16ビットの枠を破ったのでスーパーミニコンと呼ばれ，その後各ミニコンメーカーが次々に新機種を発表してきた。ミニコンピュータが32ビットへ主力を移してきた理由の一つには，16ビット分野へのマイクロコンピュータの進出がある。

マイクロプロセッサも1978年から1979年頃にかけて，16ビットの高性能機種が発表された後は，次の新しい機種として32ビット分野が各所で検討されてきた。その結果として，1981年に4社から発表があった。このうち2機種は開発試作品であるが，2機種は商品化が発表されている。

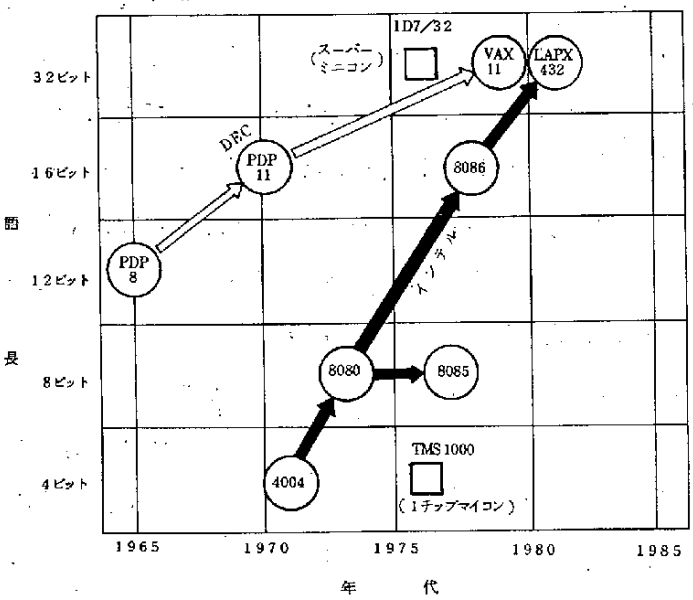


図１－１　ミニコンとマイクロプロセッサの歴史

このような32ビットマイクロプロセッサが実現した背後には，これを可能とするＬＳＩ技術の進歩がある。ＬＳＩ技術の分野では1976年頃よりＶＬＳＩ技術の名のもとに，微細素子化，高密度，大容量集積化のための技術開発がすす

められた。その最初の成果は64Kビットメモリの商品化であるが，本格的には1980年の256Kビットメモリの 開発と今回の32ビットマイクロプロセッサの開発，商品化である。表1−1はMOSLSIとVLSIの比較を示したものである。1970年代のLSI技術は加工寸法基準が6 μmから，3.5 μm に縮小され，チップ当りの素子数も数千個から数万個程度に増加した。 1980年代に入って加工寸法は2.5 μm程度になり素子数も10万個をこえるようになっている。

表1－1　LSIとVLSIの比較

	1974 (LSI)	1978 (LSI)	1982 (VLSI)
素子数（4個／チップ）	4～6	20～50	100～400
寸法基準（μm）	6	4～3.5	3～2
チップサイズ（mm角）	4～5	6～7	7～8
電力遅延時間積（PJ）	40	2	0.2

このようなLSI技術の進歩を具体的なマイクロプロセッサの集積度の向上の面から見たものが図1－2に示すカーブである。この図はマイクロプロセッサのチップに集積されているトランジスタ数を示すが，8ビットプロセッサはほゞ数千トランジスタの程度，16ビットプロセッサでほゞ1～数万トランジスタの程度であった。32ビットマイクロプロセッサの論理回路（メモリは除く）に必要なトランジスタ数は，従来の検討からほゞ10万個程度であることが知られていた。これは図中の斜線部分にあたるが，技術的には現在のVLSI技術がほゞこの領域に近づいてきたので，32ビットプロセッサを実現する能力には到達したと考えられていた。

残された問題はユーザの要求の強さと経済的に可能であるかという点である。これはマイクロプロセッサの将来の発展についてメーカーがどのように考えるかという問題でもある。ユーザの要求については，スーパーミニコンの普及ぶりから見て各種の応用分野における高度な制御装置，画像処理などの情報処理，信号処理を含む通信装置などの分野で低価格の32ビット計算機に対する大きな

要求があることが推測できる。このような分野は従来ミニコンピュータを使用してきた分野であるが，32ビットマイクロコンピュータは性能価格比で優位性をもっているので，ミニコンピュータに置きかわって広く使用されるようになるであろう。しかしそのためにはメーカーの方針が大きな影響をもつ。32ビットの分野では16ビットの場合以上にシステム構成に高度の技術力が必要になり，ソフトウェアや開発ツールのサポートがより重要になる。したがって新しい32ビット機種を経済的に成功させることはメーカーの大いなる努力が必要である。32ビット機種の場合でも従来機種の延長という考えと新機種という考えがあり得るが，いずれが成功するかはまだわからない。その意味で今回新機種を発表したインテル社の方向がどのように展開するか注目されるところである。

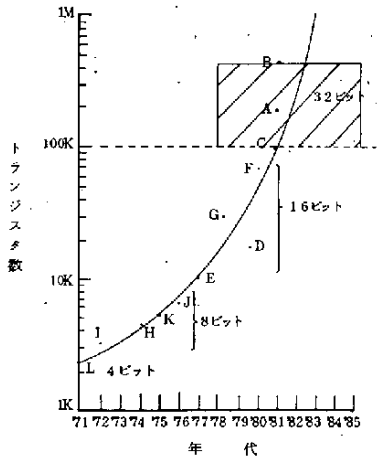


図１－２　マイクロプロセッサの集積度

1.2　ハードウェアから見た32ビットマイクロプロセッサの概要

1981年2月の国際固体回路会議（ＩＳＳＣＣ）で発表された4社の32ビットマイクロプロセッサの一覧表を表１－２に示す。以下各プロセッサについて説明する。(1)

表1－2　32ビットマイクロプロセッサの一覧表

	ヒューレット パッカード	ベル研究所	インテル iAPX432	ナショナルセミコンダクタ 16000
チップ構成	CPU	CPU	GDP 43201 43202 IP 43203	CPU 16032 MMU 16082
チップサイズ TR数	450 K	100 K	110K,50K, 60K	7.4 mm角 60 K
アーキテクチャ	スタックマシン	ノイマン型	Ada マシン	ノイマン型
マイクロサイクル	55 ns (18 Mhz)	31 ns (32 Mhz)	125 ns	100 ns
マイクロROM	9K×38 b		4K×16 b (GDP) 2K×16 b (IP)	1.3 K×18 b
プロセス	1.5 μm NMOS	3.5 μm (2.5 μm) CMOS	HMOS	
	スタック 28×32 b シフタ，乗除算回路	レジスタファイル 16×32 b	パケットバスによるマルチプロセッサ方式。IPを通して既存のプロセサを接続	内部 32ビット 外部バス16ビット 外部バス24ビット アドレス／データ部多重

1.2.1　ヒューレット・パッカード社の32ビットマイクロプロセッサ

このプロセッサは試作品であるが，45万トランジスタを集積した本格的なVLSIチップという点で注目を集めている。このプロセッサのハードウェア構成としては，28レベル×32ビットのレジスタスタック，32ビット加算器，4個の演算用レジスタ，1クロックで0～31ビットのシフトができるバレルシフタ，32ビット×32ビットの乗算器，64ビット÷32ビットの除算器，論理演算を1クロックで実行する論理選択回路などを備え，高速演算機能を充実させている。制御方式としてはマイクロプログラム方式を使用し，マイクロ命令の入っている制御メモリ（ROM）は9K語×38ビットの容量をもっている。マイクロ命令はPLAで解読されて，制御線を駆動する。

プロセッサの性能を上げるために，クロック周波数は18メガヘルツという高速のものを使用している。したがって1マイクロサイクルは55ナノ秒となり，パイプライン方式を使用して，ほとんどのマイクロ命令が等価的に1マイクロサイクルで実行されるようになっている。パイプライン方式は機械命令レベルとマイクロ命令レベルの両方で行われる。機械命令レベルでは一つ

の命令の実行を，メモリから命令をとり出してくる命令フェッチ，その命令を解読する命令デコード，それに従って処理を行う実行の3過程をパイプライン化している。一方マイクロ命令レベルでは，必要なマイクロ命令の入っている32語構成のページ選択，ページ内の該当する命令の選択とデコード，デコードした命令の実行の3過程がパイプライン化されている。このような命令のフェッチ／デコード／実行のパイプラインの他に，メモリ動作でもデータの読出しの終了しないうちに次のアドレスを出すような制御を行っている。

メモリ・プロセッサ・バスインタフェースはアドレス／データ／メッセージ用の7レジスタと制御ロジックにより外部バスと接続する。バス幅は32ビットである。メモリ関係のハードウェア機構にはその他にベースレジスタの選択，アドレスのオフセット計算，ランタイムのバウンドチェックなどがある。

このプロセッサは集積度が大きいこともあってテスト機構がいろいろ考えられている。自己診断は電源投入時にマイクロ命令によって行われる。CPUとメモリ間のテストも行われ，情報を取り出すことができる。またデバッグポートをもっていて，マイクロ命令レジスタやスタックの1個のレジスタをビット直列に読出し，書込みできる。この機能によりプロセッサの内部を見ることができる。その他にシングルステップ，トレース，ブレークポイントなどのデバッグ用マシン命令があり，プログラムのデバッグも容易になっている。

このプロセッサはスタック指向の命令体系をもつスタックマシンである。スタックトップとメモリ間のデータ転送（ロード／ストア命令），スタックトップの操作命令，スタックトップとレジスタ間の転送命令があり，4つのトップオブスタックレジスタのプッシュ，ポップ動作，データバリッドインジケータの操作をハードウェアで行っている。

算術論理演算命令では，32ビット整数演算，32ビットと64ビットのIE

ＥＥ標準浮動小数演算，型の変換，32ビット論理演算などの命令がある。演算速度は固定小数点の場合加減算は110ナノ秒（パイプライン操作では55ナノ秒），32ビット乗算1.8マイクロ秒，64ビットを32ビットで割る除算3.5マイクロ秒である。また64ビット浮動小数点乗算は10.4マイクロ秒である。

ＬＳＩ技術はシリコンゲートＮチャネルＭＯＳプロセスを使用し，最小線幅1.5ミクロン，線間隔1ミクロンの微細加工がほどこされている。配線はタングステンを使用した2層配線である。リソグラフィ技術は，電子ビーム描画装置によりレチクル（10倍原図）を作成し，紫外線による縮小投影露光方式による転写を使用している。

このプロセッサは方式的には従来からあるプロセッサの延長線上にあるが，ＬＳＩ技術とハードウェアに関してはＶＬＳＩ時代のプロセッサの一例を示したものということができる。

1.2.2　ベル研究所のＣＭＯＳマイクロプロセッサ

このプロセッサはＣＭＯＳで作られた32ビット1チップマイクロプロセッサで，ＭＡＣ32と呼ばれる。プロセッサの構成は図1－3に示すように命令フェッチ部と命令実行部の2部分から構成されている。命令フェッチ部はメモリから命令を先取り（プリフェッチ）をして速度を上げようとするもので，プリフェッチした命令を格納する命令キューとアドレス計算を行うアドレス計算ユニットがある。命令実行部には演算ユニット，0～31ビットのバレルシフタ，16個の32ビットレジスタファイルがある。

命令セットは，どのオペレーションコードにもいずれのオペランドデスクリプタも使用できる直交型である。命令の種類にはデータ操作に便利な命令が考えられていて，1命令でメモリ内のブロック転送やスタックに関するレジスタグループのプッシュ／ポップ操作などができる。またオペレーティングシステムをサポートする命令も含まれている。

このプロセッサはダイナミックCMOS回路により構成され，現在は3.5ミクロン基準によって設計されているが，2.5ミクロン基準に改良中である。トランジスタ数は約10万個で，改良後は32メガヘルツで動作する予定である。

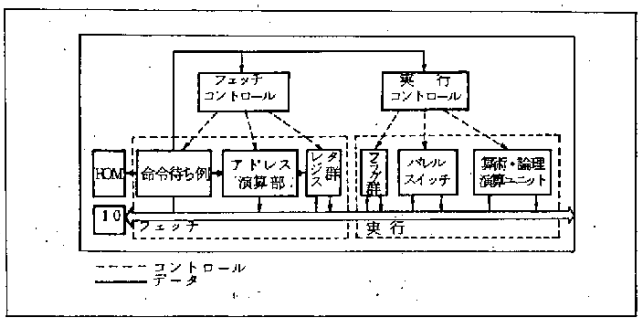


図1－3　MAC 32の構成[1]

1.2.3　インテル社のiAPX432マイクロプロセッサ

iAPX 432プロセッサは汎用演算機能と入出力機能を分離して，別個のプロセッサに分担させた構成をとっている。したがって，プロセッサは3種類のチップを使用する。基本的なシステム構成を図1－4に示す。汎用演算機能は汎用データプロセッサ（General Data Processor，GDP）と呼ぶプロセッサが担当し，プログラムの解釈，演算処理，アドレス生成を行う。GDPの内部は命令デコードユニット（43201）とマイクロ命令実行ユニット（43202）の2個のチップに分かれている。命令デコードユニットはさらに命令デコーダとマイクロ命令シーケンサの2個のサブプロセッサよりなっていて，パイプライン動作の最初の2ステージを実行する。マクロ命令はひん度の高いものを短いコードで表わした可変長命令になっているので，エクストラクタでフィールド抽出をしている。エクストラクタはビット指示ポインタとマクロ命令中のステートビットの内容により，抽出するフィールド長を制御する。マクロ命令のオペレーション部はマイクロ命令に変換される。マイクロ命令を格納するROMは64Kビットの容量のものがオンチップで実装されている。

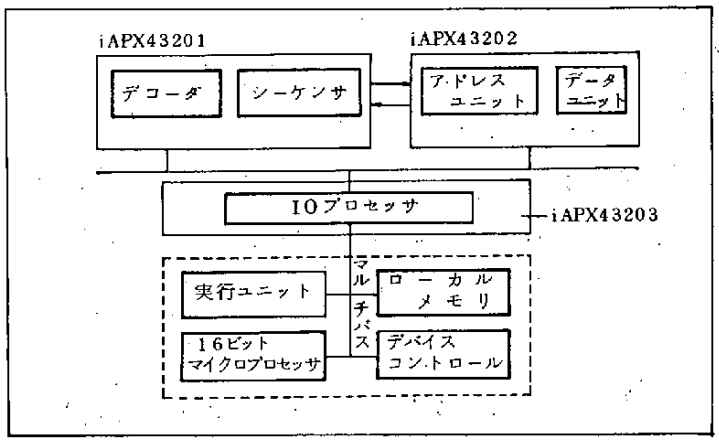


図１－４　ｉＡＰＸ 432の構成[1]

マイクロ命令実行ユニットの内部はＤＭＵ（Data Manipulation Unit ）とＲＧＵ（Reference Generation Unit）の２個のサブプロセッサに分かれている。ＤＭＵにはオペランドレジスタと機能ユニットがあり，演算を実行する。オペランドレジスタはＦＩＦＯとスタックの組合せのように動作するレジスタで，固定長のＡＬＵで可変長のオペランドを計算するのに便利なようになっている。また32ビットのバレルシフタがあり，演算能力を高めている。ＲＦＵはメモリアクセスのための論理－物理アドレス変換，アクセス権の検証を行う。２組のアソシアチブキャッシュメモリをもち，物理セグメントアドレスのバッファ用に使用している。この計算機の論理アドレス空間は１テラ番地（10^{12}番地，アドレス幅 40 ビット)で，物理アドレス空間は16メガ番地（アドレス幅 24 ビット）である。

マイクロプログラム方式を採用しているが，全マイクロコードの40%とハードウェアサポートによってＯＳ機能が組み込まれている。また仮想記憶のサポートはマイクロコードの７％を使用している。基本命令セットのマイクロコードは全体の６％である。

入出力機能はインタフェースプロセッサ（Interface Processor，ＩＰ）が担当している。このプロセッサは１個のチップに集積されていて，４３２０３という番号がついている。ＩＰは外部バスとの接続インタフェースで，入出力サブシステムと中央システムの間のデータチャネルのバッファと外部

バスに接続される付加プロセッサ（Attached Processor，ＡＰ)がＩＰに命令実行を要求するときのコマンドインタフェースの機能をもっている。ＩＰの内部にはデータ収集ユニット（Data Aquisition Unit，ＤＡＵ）とマイクロ命令実行ユニット（Micro execution Unit，ＭＥＵ）の２つの独立ユニットがある。ＤＡＵはＡＰのコマンド／データの識別，ＭＥＵの動作，メインメモリアクセスの発生，データのフェッチなどを行う。ＭＥＵはＤＡＵを介してＡＰにより指示されたコマンドを実行するユニットで，システムアクセス環境の操作，プロセス間通信，アドレスマップの設定などを行う。

ＩＰは割込み方式の入出力サブシステムバスをもっており，入出力装置や通常のマイクロプロセッサなどはこのサブシステムバスに接続される。このような入出力サブシステムプロセッサは，ＩＰを通してメインメモリにアクセスすることができ，入出力サブシステムの処理能力を向上させている。

iAPX 432システムは，ＧＤＰ，ＩＰの他にメインメモリを内部バスで接続して構成する。ＧＤＰとＩＰの数はデータの処理量や入出力量に応じて増やすことができ，簡単にマルチプロセッサ構成ができる。内部バス方式としてパケットバス方式を採用している。パケットバスはバスの効率的利用を目的にした方式で，多重バスシステムも可能である。パケットバスではプロセッサからの要求とメモリからの応答が別のパケットとして扱われる。要求を出してからメモリの応答がもどるまで，バスをあけて他の目的に使うことができる。パケットの大きさは可変で，16, 32, 48, 64 ビットまたはそれ以上で最大256ビットまでの長さがとれる。プロセッサの要求パケットは32ビットの固定長で，メモリ読出しのためのアドレス，データ長，要求内容を含んでいる。２クロックサイクルで送り出される。メモリからの応答パケットの大きさは可変で，16, 32, 64 ビットまたはそれ以上の長さで最大256ビットまで指定でき，16ビット単位で各クロックごとにＧＤＰ，ＩＰにとりこまれる。パケットバスの１本の信号線数は19本で，16本のアドレス／データ／コントロール信号線と３本のハンドシェーク制御線からなっている。

このプロセッサはＨＭＯＳ技術を使用し，命令デコードユニットは11万トランジスタ，マイクロ命令実行ユニットは４万９千トランジスタが集積されている。もう１つのインタフェースプロセッサは６万トランジスタでできている。容器は64ピンＱＵＩＰ（Quad Inline Package）容器を使用している。クロックは10メガヘルツである。

1.2.4　ナショナルセミコンダクタ社の32ビットマイクロプロセッサ

このプロセッサはＮＳ１６０３２と呼ばれ，６万個のトランジスタが１チップに集積されている。プロセッサの内部は32ビットのバスとアドレス計算機構をもっているが，外部バスは24ビットのアドレスバスと16ビットのデータバスを多重化して使用している。命令のフェッチ，デコード，実行をパイプライン化するため，８バイトの命令キューレジスタをもっている。チップ内には１語18ビットのマイクロ命令を格納する制御メモリ（ROM）を1,300語もっている。この中の127語は自己診断用に使用している。マイクロ命令の実行時間は100ナノ秒である。外部にメモリマネージメントチップＮＳ１６０８２を使用するとデマンドページ方式の仮想メモリシステムが使用できるようになる。図１－５はこのプロセッサの構成を示したものである。

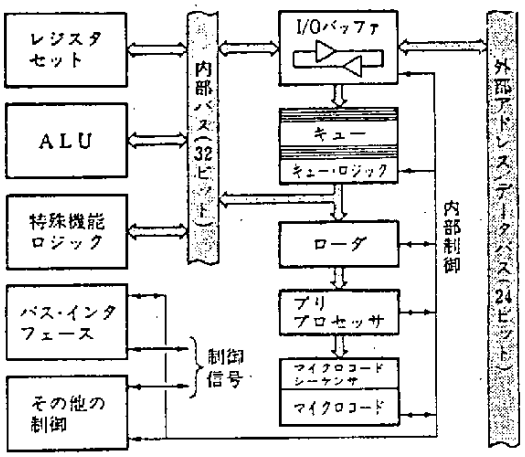


図１－５　ＮＳ16032の構成[1]

1.3　プログラマから見たｉＡＰＸ432の概要

32ビットマイクロプロセッサの中で，ユーザ向けの資料がそろっているのは

インテル社のiAPX 432（以下432と略記する）のみである。以下にプログラマに見えるこのプロセッサの概要を紹介する。[2]

インテル社の432は32ビットプロセッサの中では非常に特徴のあるプロセッサである。それはこの計算機がソフトウェア問題の解決を目ざして設計されているからである。432アーキテクチャの主な特徴は次のような点にある。

(1) ソフトウェアに透明なマルチプロセッサオペレーションを実現している。すなわちソフトウェアの変更なしにプロセッサの数を増減できる。

(2) 大規模なソフトウェアのモジュール化を容易にするため，新しいオブジェクト指向プログラミング法を実現している。この方法によりソフトウェアの価格を下げることが可能になる。

(3) 通常はＯＳソフトウェアに含まれるプロセススケジューリング，プロセス間通信，ダイナミックストレージアロケーションなどの操作を，ハードウェアで実行するシリコンオペレーティングシステムをもっている。

(4) 全て高位言語でプログラムされるように考えられている。

(5) 命令セットはシンメトリックである。全てのアドレシングモードが全てのオペランドに適用できる。また全ての必要なオペレータが全てのデータタイプに適用できる。

(6) 2^{40} バイトの仮想アドレス空間をもち，仮想メモリシステムを実現するハードウェア機構をもっている。

(7) ハードウェアで数百の誤り条件を検出することができる。誤りは完全にレポートされる。

表１－３は通常のアーキテクチャと432アーキテクチャの差異をまとめた比較表である。以下に基本的な事項について簡単に説明する。

表１－３　アーキテクチャの特徴比較表
（インテル社のマニアルによる）

Feature of Architecture	Conventional Mainframe Architecture	iAPX 432 Architecture
MEMORY ORGANIZATION		
Organization, size	Linear $2^{24} - 2^{32}$ bytes	Structured segmented 2^{24} segments 2^{16} byte displacement 2^{40} byte virtual address space
Logical to physical address translation	Single-level map Page-based relocation and virtual memory	Two-level map Segment-based relocation and virtual memory
Protected memory unit	Fixed-size page	Individual program module or data structure
DATA MANIPULATION		
Expression evaluation	General register	Stack or memory-to-memory
Primitive data types	Characters, unsigned integers, integers, reals	Characters, unsigned integers, integers, reals temporary reals
Floating point hardware	Yes	Yes
Addressing modes	Some modes not available for all operands	Symmetrical: all modes available for every operand
PROGRAMMING ENVIRONMENT SUPPORT		
Operating system	No multi-process support	Multi-process mechanisms in hardware
	No support for dynamic storage allocation	Dynamic storage allocation mechanisms in hardware
	Very limited multi-processor operation, if any	Software-transparent, multi-processor operation
High level language	Assembly language-oriented instruction set	Oriented toward high level languages
Programming methodology	No support at all	Object-based architecture

1.3.1 オブジェクト指向アーキテクチャ

大規模なソフトウェアの生産性を向上させるために，プログラムをモジュールに分割する方法が使用される。従来の分割はフローの中の主要な処理ごとにモジュール化するが，正しくインプリメントするには問題があった。

これを解決するにはインタフェースを正確に定義し，外側の世界が他のモジュールの内部の詳細を知る必要がないようにすることである。モジュールは関係あるプロセジャとその対象データ構造の集合を内部にもち，モジュールの外部のプロセジャからは内部に直接アクセスされないようにし，他のモジュールのデータの参照は，そのモジュールのプロセジャに依頼して行うようにする。このような原理のあてはまるモジュールを，インテル社ではタイプマネジャモジュールと名づけた。432ではオブジェクト指向アーキテクチャという方式で，このようなモジュール化のメカニズムを提供している。

オブジェクトは次の四つの性質で定義されている。

(1) 組織的な方法で情報を保持しているデータ構造である。

(2) データ構造を直接扱うことのできる，決められたオペレーションのセットをもつ。

(3) 一つの単位として参照される。

(4) タイプを示すラベルをもつ。

ここで(4)以外は通常のデータ形式と同じ性質である。(4)がオブジェクト指向アーキテクチャの特徴である。オブジェクトは全てがハードウェアの操作をうけるのではなく，タイプによってハードウェアとソフトウェアまたはソフトウェアのみの操作を受けるものもある。ひん度の多い操作や時間の制約がある操作は主としてハードウェアで行われる。オブジェクトはこれまでのバイトやワードではなく，独立のアドレス空間をもつデータ構造である。これによりハードウェアとソフトウェアの境界をより高いレベルにすることができる。

オブジェクトにはシステムオブジェクトとユーザオブジェクトがある。前

者はハードウェア（マイクロ命令）化されているのに対し，後者はソフトウェアで処理される。システムオブジェクトを図1－6に示す。プロセッサ（物理的）はメモリの中にプロセッサオブジェクトをもっている。プロセッサオブジェクトはハードウェアで認識されるデータ構造であり，プロセッサの状態，診断・チェックデータ，他のオブジェクトの参照などの情報を含んでいる。1個のプロセッサにつき1個のプロセッサオブジェクトが存在する。

プロセッサが処理する実行単位であるプロセスに対して，メモリの中にプロセスオブジェクトがつくられる。このオブジェクトもハードウェアで認識されるもので，システム内の各プロセスに1個ずつ存在する。プロセスオブジェクトはプロセスの状態，スケジュールのされ方などの情報をもっている。プロセッサオブジェクトは現在実行されているプロセスオブジェクトを参照している。

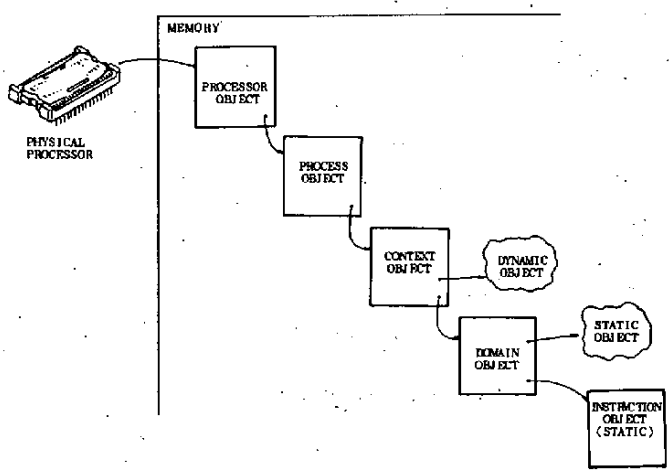


図1－6　システムオブジェクト（インテル社のマニアルによる）

プロセスの実行にはいくつかのプロセジャの呼出しが生ずるが，プロセジャの要求に関する情報もデータ構造になり，コンテクストオブジェクトと呼ばれる。コンテクストオブジェクトもハードウェアで認識されるオブジェクトで，命令ポインタ，スタックポインタ，リターンリンク，アクセスする他

のオブジェクトのリストなどが情報として含まれている。このアクセスできるオブジェクトのリストはアクセス環境と呼ばれ，アクセス保護機構のもとになっている。リストされていないオブジェクトにはアクセスできない。一つのプロセジャが他のプロセジャを呼ぶと，アクセス環境も変わり，アクセスできるオブジェクトのリストも変わる。プロセスオブジェクトは現在のコンテクストオブジェクトを参照しているので，プロセジャが変わればこの参照も変化する。コンテクストオブジェクトのもっている参照リストのオブジェクトは一つのプロセジャによって使用されるダイナミックなもので，実行時につくり出される。

プロセジャの実行に必要なものは命令とデータである。コンテクストオブジェクトは命令オブジェクトとデータオブジェクトにアクセスする。命令オブジェクトは命令のみをもつことができ，プロセッサがフェッチし実行する命令を含む唯一のタイプのオブジェクトである。データオブジェクトはデータをもっているオブジェクトである。ソフトウェアで定義するタイプも可能である。

モジュールの情報をもっているオブジェクトをドメインオブジェクトと呼ぶ。このオブジェクトもハードウェアで認識される。ドメインオブジェクトはモジュールの中の全てのスタチックなオブジェクトに対する参照リストである。スタチックとはプロセジャに対する呼出しのかかる間も存続する情報を意味する。スタチックなオブジェクトには，そのモジュール中のプロセジャに対する命令オブジェクトとそこで取扱われているオブジェクト，その他に必要とされるスタチックな情報をもつオブジェクトなどがある。ドメインオブジェクトはコンパイル時につくり出される。

1.3.2 シリコンＯＳ

432は従来ＯＳソフトウェアの機能であったリソース管理メカニズムをハードウェア化している。ただしハードウェア化はメカニズムであってリソー

ス管理のポリシーはソフトウェアでつくられている。このようなハードウェア化メカニズムをシリコンＯＳと呼んでいる。シリコンＯＳはプロセッサリソース管理（スケジューリング，ディスパッチング，プロセス間通信）とメモリリソース管理（ダイナミックアロケーション）のメカニズムを実現しているが，主力は前者になっている。以下にプロセス間通信とマルチプロセッシングのメカニズムについて説明する。

プロセスとはプロセッサで実行されるべくスケジュールされたソフトウェアのユニットである。432では同時に実行される複数のプロセス間の同期と通信の手段がハードウェアで提供されている。各プロセスは互いに通信オブジェクトを使用して通信する。通信オブジェクトは二つの非同期プロセス間のバッファで，どのようなメッセージでも通信できる強力で柔軟な機構である。メッセージの通信を扱うハードウェアオペレータは2種類ある。ＳＥＮＤ命令はオペランドとして送るべきメッセージと通信ポート名をもち，メッセージを通信ポートの待ち行列につなぐ動作をする。ＲＥＣＥＩＶＥ命令はオペランドとして通信ポート名をもち，通信ポートの待ち行列のメッセージを取り出して，ＲＥＣＥＩＶＥを実行しているプロセスに移す。通信ポートにメッセージが一杯や空の場合にはメッセージを送受しようとしたプロセスは停止して再実行したり，待ち行列をつくるなどの方法がとられている。

432ではマルチプロセッサによる並列処理をサポートするオブジェクトとして，プロセッサオブジェクトと通信ポートの他に，ディスパッチングポートがある。このオブジェクトは432システムで実行されるソフトウェアにとって，プロセッサの数を無関係にする仕組を与えている。このようなマルチプロセッシングの透明性により，システムの性能を最適にするようにプロセッサの数を増減することができる。マルチプロセスとマルチプロセッサを管理するポリシーの決定はソフトウェア（ＯＳ）で行われる。ソフトウェアはスケジューリングパラメータをプロセスオブジェクトにセットし，メッセージとしてディスパッチングポートにＳＥＮＤ命令で送り，スケジューリング

とディスパッチングハードウェアにポリシーを知らせる。

ディスパッチングポートに送られたプロセスは，ハードウェアによってすでにポートに並んでいる他のプロセスとスケジューリングパラメータを比較され，パラメータの指示する順番の場所に並べてスケジュールされる。

プロセッサは実行するプロセスが必要になったとき，ディスパッチングポートに並んでいる最初のプロセスをとってきて実行する。ディスパッチングポートにプロセスがなければ，プロセッサはディスパッチングポートで待ち行列をつくる。プロセッサはプロセッサオブジェクトの中にディスパッチングポートに対する参照情報をもっていて，所定のディスパッチングポートをきめている。また各プロセスオブジェクトの中にディスパッチングポートに対する参照情報があり，プロセスを送るディスパッチングポートをきめている。

1.3.3 メモリ構成

オブジェクトを物理的に実現する方法はセグメントである。オブジェクトは任意の複雑度をもつデータの論理的構造であって，一個または複数個のセグメント，またはセグメントの部分で実現される。432は2^{24}個のセグメントをもつことができ，各セグメントは最大64K（2^{16}）バイトの大きさが可能である。セグメントへのアクセスは図1－7(a)に示すように，2レベルのマッピング方式をとっている。論理アドレスの中のセグメントセレクタは，アクセスセグメントの中のアクセスディスクリプタを指定する。アクセスディスクリプタにはセグメント番号の他にアクセス権利に関するデータが入っている。セグメント番号は次にセグメントテーブルの中のセグメントディスクリプタを指定する。セグメントディスクリプタがセグメントのベースアドレスを指定し，これにディスプレスメント部が加えられて，実際の物理アドレスが決まる。2レベルマッピング方式により場所指定の機構とアクセス権利の制御を分離している。アクセス権利の情報はプログラムモジュールが知っているべきものであるから，アクセ

スセグメントの中においてあることは，いろいろなプログラムモジュールから異なったアクセス権利によって同一セグメントが共用できることになる（図1－7(b)）。

セグメントには基本的タイプとしてデータセグメントとアクセスセグメントがある。前者は命令とオペランドに使用し，後者はアクセスディスクリプタに使用する。セグメントテーブルはデータセグメントと同様にアクセスセグメントに対するエントリをもつことができるので，あるアクセスディスクリプタが他のアクセスディスクリプタを指定することが可能である。その結果最初のアクセスセグメントから最終のデータセグメントまで，アクセスセグメントのリストができる。このような構造を論理的に見てオブジェクトと呼ぶ。オブジェクトのルートセグメントを指すセグメントディスクリプタをオブジェクトディスクリプタ，セグメントテーブルをオブジェクトテーブルと呼ぶ。

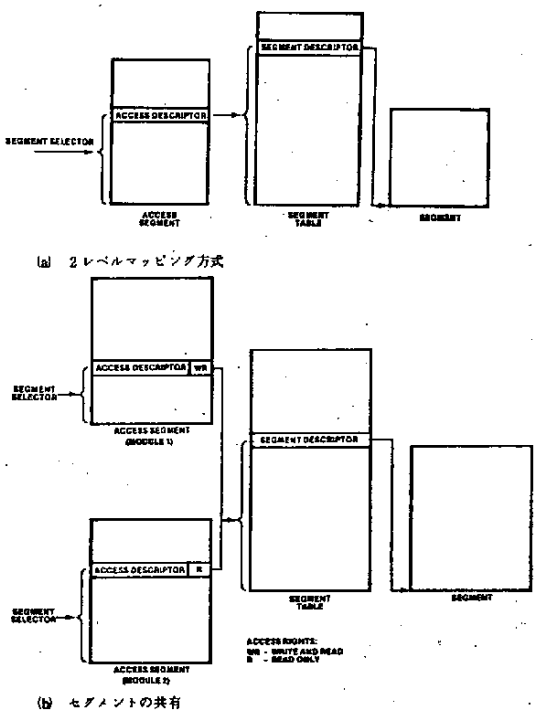


図1－7　メモリ構成（インテル社のマニアルによる）

1.3.4 データタイプと命令フォーマット

432は4クラス8種類のプリシチブデータタイプをもっている。これらは8ビットキャラクタ，16, 32ビットオーディナル（符号なしインテジャ），16, 32ビットインテジャ（符号つき），32, 64, 80ビットリアルである。またアレイとレコードの構造データタイプを扱うメカニズムをもっている。

命令は可変長で，図1－8に示すように4個のフィールドからなっている。これはクラス，フォーマット，リファレンス，オペレータコードである。リファレンスフィールドは3個までのオペランドアドレスでできている。オペランドアドレスはセグメントセレクタとディスプレスメントからなっていて，ディスプレスメントはさらにベース値とインデクス値から構成されている。ベースとインデクスは直接指定と間接指定があり，組合せによって4種類のアドレシングモードができる。

- ベース直接，インデクス直接はスカラのアクセスに使用する。
- ベース間接，インデクス直接はレコードのアクセスに使用する。
- ベース直接，インデクス間接はスタチックアレイのアクセスに使用する。これはスタート番地がコンパイル時にきまっているものである。
- ベース間接，インデクス間接はダイナミックアレイのアクセスに使用する。これはスタート番地が実行時にきまるものである。

432の命令セットはシンメトリックである。各データタイプに対して全ての必要なオペレータが適用できるのみならず，4種のアドレシングモードは命令中のどのオペランドにも適用可能である。この性質は高位言語の翻訳を容易にすることに役立っている。

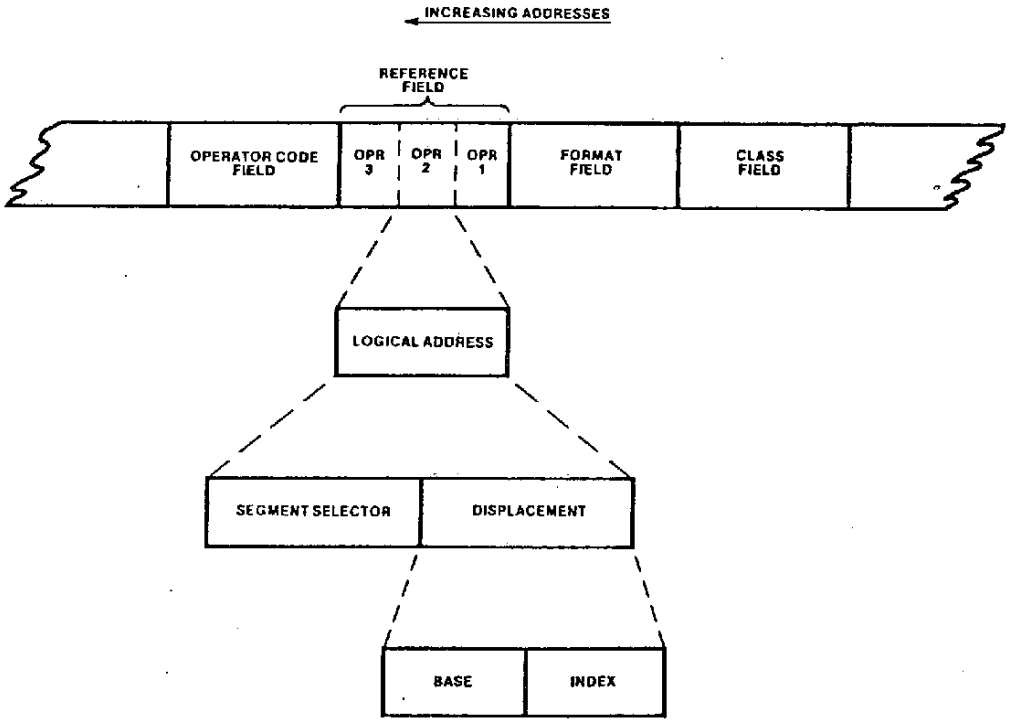


図1－8　命令フォーマット（インテル社のマニアルによる）

参　考　文　献

(1)　1981 ISSCC Dig. Tech. Papers (Feb. 1981)

(2)　インテル社；Introduction to the iAPX 432 Architecture 他関係資料

第２章　Ａｄａ

第2章　Ada

2.1　Ada の動向

この一年間のAda関連の主だった動向を次のように要約する。

(1) マイクロコンピュータ向きAda

(2) 本格的 Ada

(3) 標準化の動向

2.1.1　マイクロコンピュータ向きAda

マイクロコンピュータ向きのAdaで，米国で注目されているのは次の3つである。

(a) TeleSoft－Ada （Telesoft社）

(b) Ada＊（Supersoft社）

(c) Ada Engine （Western Digital社）

このほかに，Zilog社がLitton Systems社と組んで，Z8001，Z8002，Z8003，Z8004 向きのAda処理系を作成しているなど注目される動きはあるが，商用ベースで販売に踏み切っているのは上記(a)～(c)の3社である。

TeleSoft－Adaは，昨年8月から出荷が開始されている。[2] 製品構成は次のとおりである。カッコ内は米国内販売価格。

① TeleSoft－Ada （2,400ドル）

② TeleSoft－PSE

スクリンエディタ	（125ドル）
リンクエディタ	（275ドル）
68000マクロアセンブラ	（400ドル）
Pascalコンパイラ	（425ドル）
68000ネイティブコードジェネレータ	（400ドル）

テキストフォーマッタ　（400ドル）

③ CPUボード（Tel Soft－T68KQ）　（2,995ドル）

④ ワークステーション　（10,000～20,000ドル）

Adaの処理系は，パッケージ，タスク，例外処理，識別子のオーバローディング，制限付き分割コンパイルなどかなりの規模のサブセットになっている。現在MC68000用のみであるが，近い将来iAPX86，VAX，IBM370に拡張する予定であるとされている。

CPUボードは，Qバスで，4MBまでアドレッサブル，コンソールIOなどが付いている。

ワークステーションは，CPUボードのほかにフロッピないしウィンチェスタディスク，256KBのRAM，4つのシリアルIOポートなどが付いたディスクトップ構成である。

Supersoft社のAda*は，現在Z－80ベースで，48KBの2パスの処理系がCP/M上で動くとされている。価格は，250ドル，ドキュメントが20ドルである。小さいだけあって，パッケージ，タスク，例外処理，オーバローディング，分割コンパイルなどのAdaらしい特長はない。近い将来，8086，MC68000，Z8000に拡張する予定であるとされている。

Western Digital社のAda Engineは，Pascal Engineの延長上にあるもので，UCSD－Pコードを中間言語とするファームウェア化された処理系である。もちろんまだサブセットであるが，同社はDoD（米国国防総省）のAdaプロジェクトのリーダであったDavid A.FisherやBill Carlsonを引抜いて本格的にAdaの開発に取り組む模様である。

2.1.2 本格的 Ada

SofTech社は陸軍からAdaシステム（ALS；Ada Language System）の開発を830万ドルの規模で受注し，1983年中には実用化の予定で開発を進めている。[1] Adaシステムの対象機種は，ホストがVAX

／VMS，ターゲットがVAX／VMS，VAX，PDP－11／70UNIX，ROLM1602B，ROLM1666，Neburaマシンである。

Adaのツールとしては，次を予定している。

コンパイラ	リンカ
ローダ	アセンブラ
データベース	コマンドプロセッサ
構成管理支援系	記号検査系
ファイル管理系	表示ツール
スタブジェネレータ	タイミング分析系
頻度分析系	テキストエディタ
テキストフォーマッタ	

処理系の作成には，ブートストラッパとしてAdaのサブセット トランスレータを通した後，Pascalコンパイラによって，オブジェクトコードを生成する方式をとっている。処理系の構造は，図2－1～図2－5のようになっている。図中のコンテナ（container）は，1つ以上の翻訳単位を表わす1つのファイルで，次のものを含む。

ソーステキスト

中間表現

診断情報と統計情報

オブジェクトコード

外部から見える（visible）名前

デバッガマップ

コード生成は，テーブルドリブン方式である。データベースの基本構成は，木構造を中心とし，Adaのスコーピングに基づく分割可能なモデルによっている。ノードの記述は属性（attribute），ノード間の関係は関連（association）といい，ユーザが記述してこれらを拡張することができる。また，バグ修正のための更新（revision），代替コードのための変化

（variation），コピーの急増を防ぐための共有（sharing），アクセス権の制御，ファイルの由来特報（derivation ）のコントロールなどが可能な構成となっている。

KAPSE（Kernel Ada Programming Support Environment）は，既にカリフォルニア大学バークレイ校などで実用化されている技術のみを使って移植可能（portable）な構成を実現している。

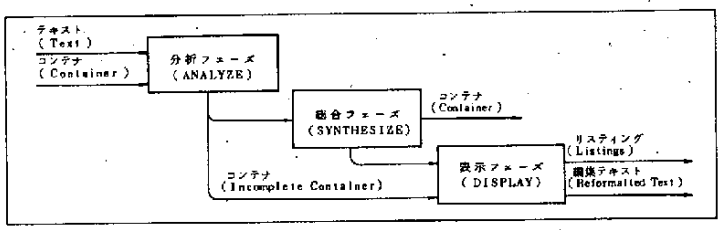


図２－１　Ada 処理系の構造

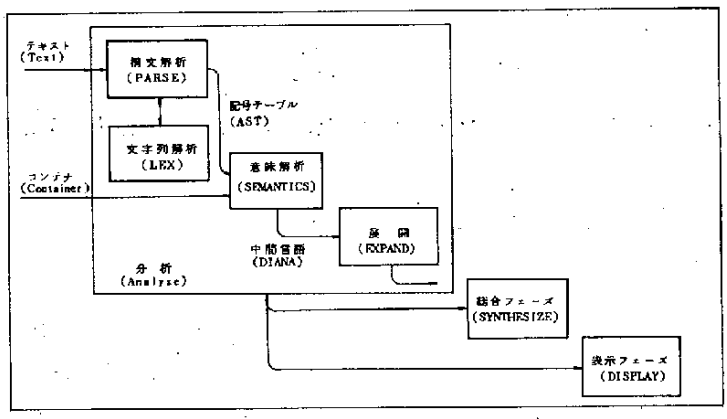


図２－２　分析フェーズ(1)

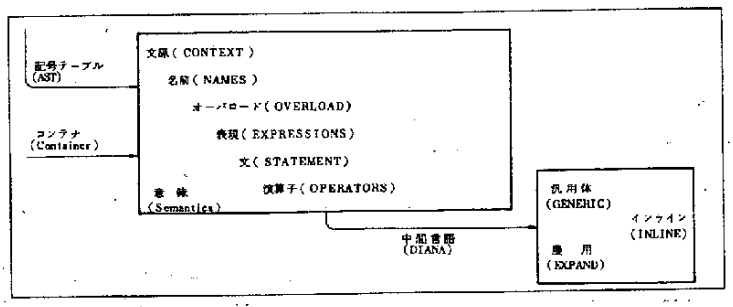


図２－３　分析フェーズ(2)

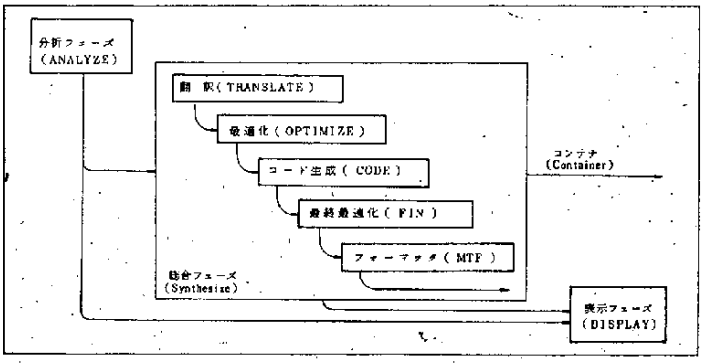


図2－4　総合フェーズ

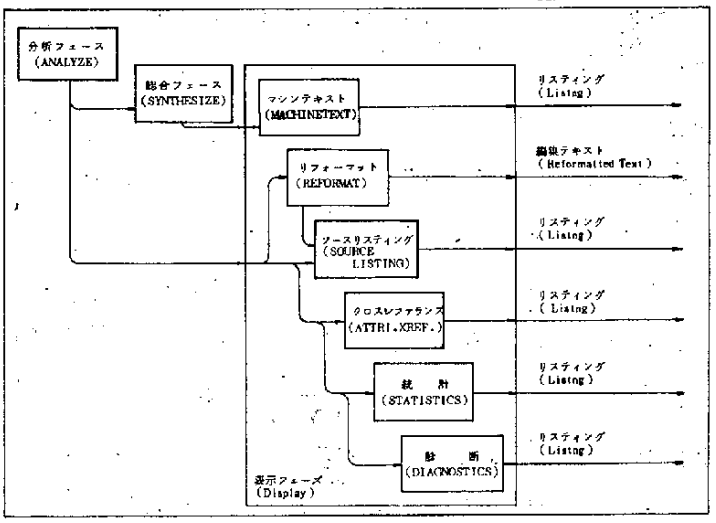


図2－5　表示フェーズ

2.1.3　標準化の動向

ＤｏＤは現在，標準化のためにＡＮＳＩ（American National Standards Institute）にAdaを提出している。当然，その後ＩＳＯ（International Standards Organization）にも提出を予定している。[3]

第１ステップとして，１００の精査（canvass）関係者が決定され，その６９％が条件付きでAdaの標準化に賛成した。３８０のコメントが提出され

たが，そのうち５０が採用されAdaの変更につながる可能性がある。

課題として挙げられたものの１つは，Adaの文書としての曖昧さである。つまり利用者のための言語の手引書という性格と開発者のための開発の手引書という二重の生格をもっている。また，ＢＡＳＩＣやPascalの場合は，ＡＮＳＩ Minimal ＢＡＳＩＣやＩＥＥＥ－７７０Pascalのように，最小仕様を作成したが，Adaの場合はDoDの方針でサブセットを許さないということもある。

Adaの最大の問題点は，その複雑性にあるので，仕様を単純化しようとする方向は，ＡＮＳＩに好意的に受け入れられそうである。可視性の規則（visibility rule）が単純化されたほか，配列の変換，レコードの要素としての動的配列，プラグマのＩＮＣＬＵＤＥの削除，派生型のブーリアンの禁止，ＳＴＯＲＡＧＥ－ＥＲＲＯＲ条件の削除とＳＯＭＥ－ＥＲＲＯＲ条件の新設などが行われている。

Ｉ／Ｏについては，ＴＥＸＴ－ＩＯパッケージをＳＥＱＵＥＮＴＩＡＬ－ＩＯと独立にした。直編成と順編成は別々に支援パッケージをもつようになった。精度については，相変わらず同じ精度の入力変数，出力変数を定義して乗除巾などを行うと結果がどうなるか明らかでない。

タスキングについては，タスクの起動と例外の伝わり方を，分散処理向きに変更した。ＦＡＩＬＵＲＥという例外は削除され，ＡＢＯＲＴは例外をＲＡＩＳＥし，単にアボートされたタスクとの通信を打切るようになった。

参　考　資　料

(1) The Ada Language System of the United States Army, SofTech社，１９８１.

(2) TeleSoft－Ada compiler ready for commercial release, TeleSoft社，Aug. ２４，１９８１.

(3) ＡＮＳＩ standardization of Ada gets off to a slow start, Electronic Design, Fev. 4, 1982.

2.2　Adaの言語概要

以下，Adaの言語仕様の概要を例とともに述べる。

2.2.1　表記のスタイル

図２－６を見ていただこう。スタックのプログラムである。小文字のボールドは全部予約語で，その他は大文字，数字，特殊文字で記述されている。これはAdaの慣習によっているが，予約語を大文字で書くなどしても構わない。予約語は全部で表２－１のように６２ある。

```
(a) packageの仕様と本体
package STACK is
  ERROR : exception ;
  procedure PUSH (X : REAL) ;
  function POP return REAL ;
end ;
package body STACK is
  MAX : constant : = 100 ;
  S : array (1 .. MAX) of REAL ;
  PTR : INTEGER range 0 .. MAX ;
  procedure PUSH (X : REAL) is
  begin
    if PTR = MAX then
      raise ERROR ;
    end if ;
    PTR : = PTR + 1 ;
    S (PTR) : = X ;
  end PUSH ;
  function POP return REAL is
  begin
    if PTR = 0 then
      raise ERROR ;
    end if ;
    PTR : = PTR - 1 ;
    return S (PTR + 1) ;
  end POP ;
begin
  PTR : = 0 ;
end STACK ;
```

```
(b) packageの呼出し
begin
  STACK . PUSH (X) ;
  X : = STACK . POP ( ) ;
exception
  when STACK . ERROR = >
end
```

図２－６　スタック操作のAdaプログラム

表２－１　予　約　語

abort	declare	generic	of	select
accept	delay	goto	or	separate
access	delta		others	subtype
all	digits	if	out	
and	do	in		task
array		is	package	terminate
at			pragma	then
	else		private	type
	elsif	limited	procedure	
begin	end	loop		
body	entry			use
	exception	mod	raise	
case	exit		range	when
constant		new	record	while
	for	not	rem	with
	function	null	renames	
			return	xor
			reverse	

このうちで通常のプログラミングで見かけないものが，Adaの現代的な特徴や機能に関係する。

例えば，

- データ型を強く規定する機能（type）
- 例外処理機能（exception，raise）
- タスキング機能（task，entry，accept，select，delay，terminal）
- データ抽象化機能（new，use，renames）
- 分割コンパイル機能（use，with，separate）
- プログラムの再利用機能（package　program）

図２－６に注釈（comment）はないが，それは“改行”の一種として扱われる。

```
-- this is a comment.
```

文字表記は，“ ′ ”で囲んで文字を表わす。

```
′A′
```

文字列表記は“ 〃 ”で囲んで文字列を表わす。

```
〃THIS IS A STRING〃
```

数表記（numeric literal）は，整数表記か実数表記のどちらかである。実数表記は，固定小数点か浮動小数点による近似値を表わす。整数でも実数でも２進から１６進のどれでも構わない。数字間の“ _ ”は読みやすさのためにつける。

```
123_456_789        -- decimal integer
1E6                -- integer exponent
2#1011#            -- binary integer
5#1234#            -- base 5 integer
3.14159265         -- decimal approximate
16#FF.FF#          -- hexadecimal approximate
```

2.2.2 列　挙　型

Adaにおけるデータ型は，ある範囲の値とそれに対する演算（operation）のペアで定められ，従来言語とは違う強い型づけを行う。

```
PI  : constant := 3.14159265 ;
type A is range  0..5 ;
```

のようになされる。型が同じかどうかは，名前で区別する。

副型（subtype）というのもあって

```
subtype A14 is A range  1..4 ;
```

のように，A１４の型はAで，ただし値は１～４に制約したものを表わす。

また，派生型（derived type）というのもあり，これは同じ演算を想定はするが，別の型として扱うときもちいる。

例えば，

```
type PAGE_NUM is new INTEGER range 1..1_000 ;
```

さて列挙型（enumeration type）は，有限の値を全部書き上げるものである。

```
declare
    type COLOUR is
      (RED, PINK, PURPLE);
    type FLOWER is
      (ROSE, MORNING_GLORY, MOON_FLOWER);
      X, Y : COLOUR ;
      A, B : FLOWER := ROSE ;
    begin
      X := Y ;                    -- OK
      A := MORNING_GLORY ;        -- OK
      X := RED ;                  -- ng
    end ;
```

declare と begin の間が宣言部であるが，これらは皆セミコロンで区切られる。

```
type COLOUR is (RED, PINK, PURPLE) ;
```

は COLOUR が列挙型で，値が RED, PINK, PURPLE をとることを示す。

```
X, Y : COLOUR ;
```

は，変数 X，Y の型が COLOUR をとることを示す。

```
A, B : FLOWER := ROSE ;
```

は，変数 A，B の型が FLOWER であり，初期値が ROSE であることを示す。

```
X := Y ;   A := MORNING_GLORY ;
```

は正しい代入文であり，それぞれの値を X，A に代入する。しかし

X : = RED ;

は，FLOWER という型を COLOUR という型に代入するので誤りとなる。これが，既存の言語と異なる強い型づけである。

Tが列挙型で，Vがその型の値とすると，T'SVCL(V)とT'PRED(V) は，列挙された順にひとつ後，ひとつ前をそれぞれ示す。T'FIRST と T'LAST は最初と最後の値である。

標準的に備わっている型に，BOOLEAN と CHARACTER がある。

```
type BOOLEAN is (FALSE,TRUE) ;
DOLLAR : constant CHARACTER : = '$';
```

2.2.3 数　値　型

Adaはよく知られるようにシステム記述を狙った言語であるけれども，数値解析のような従来Fortran が幅をきかせていた分野でもとくに精度の扱いなどに優れているので，古典的Fortran の世界に影響を与える可能性がある。

Adaの数値型は語長の異なる異機種間でも作成プログラムができる限り移植できるようになっている。数値型には，整数型 INTEGER と実数型 FLOAT がある。特定の機種向きに，LONG_INTEGER，LONG_FLOAT などを必要なら，使っても構わない。ただし，これらは別の型として扱われる。

例えば

```
type REAL is new FLOAT ;
```

とすると，REAL は FLOAT の数値と操作（大小，加減乗除など）があるとみなせる。ここで，既存のFLOAT より語長の長い別の機種にプログラムを移植したいとすると，

```
type REAL is new LONG_FLOAT ;
```

とすればよい。もっと正確に精度を規定したければ，

```
type REAL is digits 10 ;
```

とすることもできる。

型の変換は

例えば，

```
type REAL is digits 10 ;
type LONG_REAL is digits 14 ;
```

として

```
declare
   X  :  REAL ;
  XX  :  LONG_REAL ;
begin
   X  :  REAL (XX) ;
end ;
```

のようにできる。

整数型の例で

```
type INT is range  -10000 .. +10000 ;
```

による INT は

```
type INT is new INTEGER_TYPE range
-10000 .. +10000 ;
```

の INT と同じである。ここで，INTEGER_TYPE は，INTEGER でも SHORT_INTEGER でも LONG_INTEGER でもよい。

2.2.4 配　列　型

Ada の配列型は，Pascal のそれより拡張された。つまり配列の大きさの指定を仮パラメータでできるようになった。

```
type TABLE is array
  ( INTEGER range 1  . 6 ) of INTEGER ;
```

```
type MATRIX is array
    (INTEGER range< >, INTEGER range< >)of REAL;
```

TABLE の場合は配列の大きさは定数だが，MATRIX の場合は実パラメータで与える必要がある。宣言は

```
A : TABLE ;
M : MATRIX (1..2, 1..3) ;
Z : constant MATRIX := ((0.0), (0.0), (0.0), (0.0));
```

のようにする。また

```
subtype MATRIX_2 is MATRIX(1..2, 1..2) ;
W : MATRIX_2
```

のような宣言もできる。

添字に型名を書くのも許される。

```
type COLOURS is array(COLOUR) of BOOLEAN ;
```

TABLE A に初期値を与えるのに

```
A : TABLE := (2, 4, 4, 4, 0, 0) ;
```

でもよく

```
(1 => 2, 2 | 3 | 4 => 4, others => 0) ;
(1 => 2, 2..4 => 4, others => 0) ;
(1 => 2, 5..6 => 0, others => 4) ;
```

でもよい。

例として行列の積を与えるプログラムを，図2－7にあげておく。

配列Aに対してはつぎの属性が標準のものとして用意されている。

A'FIRST (n)	n 次元目の添字の下限
A'LAST (n)	n 次元目の添字の上限
A'RANGE (n)	n 次元目の添字範囲からなる副型
A'LENGTH (n)	n 次元目の添字の大きさ

```
type MATRIX is array(INTEGER range <>,
                     INTEGER range <> ) of FLOAT ;
function MAT_MULT (X,Y:MATRIX) return MATRIX is
  Z : MATRIX (X'RANGE(1),
              Y'RANGE(2)) ;
  W : LONG_FLOAT ;
begin
  if not (X'FIRST(2)=Y'FIRST(1)
          and X'LAST(2)=Y'LAST(1))
  then raise CONSTRAINT_ERROR ;
  else
    for N in X'RANGE(1) loop
    for M in Y'RANGE(2) loop
      W := 0.0 ;
      for K in X'RANGE(2) loop
        W := W +
             LONG_FLOAT (X (M,K)*Y (K,N) ;
      end loop ;
      Z (M,N) := FLOAT(W) ;
    end loop ; end loop ;
    return Z ;
  end if ;
end ;
```

図２－７　行列の積

2.2.5　レコード型

レコード型の例は次が判りやすい。

```
declare
    type MONTH_NAME is (JAN,FEB,..,DEC) ;
    type DATE is
      record
        DAY   : INTEGER range 1..31 ;
        MONTH : MONTH_NAME ;
        YEAR  : INTEGER ;
```

```
    end record ;
type COMPLEX is
    record
      RE, IM : FLOAT := 0.0 ;
    end record ;
D  : DATE  := ( 4, JUL, 1776) ;
C1 : COMPLEX ;
C2 : COMPLEX  := (1.0, 2.0) ;
```

複素数COMPLEX のようにレコードの要素に初期値が与えられていると，C1のように明示的に初期値がないときはデフォールトで要素の初期値がとられる。

Dは

```
D : DATE := (MONTH => JUL, DAY => 4,  YEAR => 1776) ;
```

としてもよい。これはヨーロッパ式の年号表示である。レコードの要素を扱うときは，D.YEAR, C1.RE などとすればよい。

レコードの要素が可変であるときは，判別子（ discriminant ） を使う。

```
type GENDER is (M, F) ;
type PERSON ( SEX : GENDER) is
    record
      BIRTH : DATE ;
      case SEX is
        when M => BEARDED : BOOLEAN ;
        when F => CHILDREN : INTEGER ;
      end case ;
    end record ;
PETER : PERSON := (M,(24, FEB, 1939), FALSE) ;
```

```
MARY : PERSON := (F ,(18, NOV, 1960) , 0) ;
```

この例でSEXは男女の別があるから判別子であって，PETER.SEXはMを，MARY.SEXはFを与える。判別子は，他の要素と別扱いにして，型の宣言のとき型名の直後にひとまとめに宣言する。そのとき，初期値を与えてもよい。

```
type PERSON (SEX : GENDER := F) is ...
```

case以下end caseまでを可変部（variant part）という。判別子SEXの値によって，レコードの構成が変化することがみてとれよう。

2.2.6 アクセス型

リスト処理を例に，アクセス型を見よう。

```
type LINK ;
type CELL is
  record
    VALUE : INTEGER ;
    PRED, SUCC : LINK ;
  end record ;
type LINK is access CELL ;
HEAD : LINK := null ;
```

これらの宣言は，リストLINKによってCELLにアクセスできるようにする。HEADは，最初nullであるから，どこも指さない。

アクセスは

```
HEAD := new CELL (0, null , null)
```

における割当子（allocator）CELL (0, null, null)によって行われる。割当子によってつくられた新しい算体（object）は，要素VALUEが0で，PREDとSUCCがnullとなっている。そして，アクセス変数HEADがこの新しい算体を指すことになる。

そこで

NEXT : LINK ;

という新しい変数を導入し

NEXT : = new CELL (0, null, HEAD) ;

HEAD. PRED : = NEXT ;

HEAD : = NEXT ;

とすると，新しい算体がつくり出され，HEADによりアクセスされるリストの頭にリンクされることになる。HEAD によって新しくつくられた算体全部にアクセスするときは

HEAD all

とする。つまり

HEAD : = NEXT ; ——copies the pointer

HEAD.all : = NEXT.all ; —— copies the object

のように，上がポインタのコピー，下が算体のコピーである。

2.2.7 式

既定のAdaの演算は，表2－2，表2－3のようにまとめることができる。

表2－2 単項演算子

演算子	被演算子	結果型
+	数値型	同左
−	数値型	同左
not	BOOLEAN (配列)	同左

表２－３　２項演算子

演　算　子	被　演　算　子	結　果　型
and or xor and then or else	BOOLEAN	同　　左
＝　／＝	任　意　の　型	BOOLEAN
＜＜＝＞＞＝	スカラ型，１次元配列	BOOLEAN
in not in	値，範囲，副型，制約	BOOLEAN
＋　－	数　　値	同　　左
&	１　次　元　配　列	同　　左
＊	固定小数点　　整数型 整数型　固定小数点型 固定小数点型　固定小数点型	固定小数点型 同　　上 普通固定小数点型
／	固定小数点型　整数型 固定小数点型　固定小数点型	固定小数点型 普通固定小数点型
mod rem	整　数　型　　整　数　型	同　　左
＊＊	整数型　　非負整数型 浮動小数点型　整数型	整　数　型 浮動小数点型

演算の優先順位は次のとおりである。

and　or　xor　and then　or else

＝／＝　＜　＜＝　＞　＞＝　in　not in

＋　－　&　（２項演算）

＋　－　not（単項演算）

＊　／　mod　rem

＊　＊

ちょっと不思議なのは単項演算がもっとも強くないところであるが，他は

Pascal よりみやすくなっている。A rem B の符号は Aのそれであり，A mod B の符号は，B のそれである。and then と or else が演算子として扱われるところが面白い。これらで，2番目の被演算子が評価されるのは，1番目の演算子の値が決まらないときだけである。

2.2.8 文

Adaは現代的なプログラミング言語がもっている条件文，場合わけの文，ループに関する文を当然備えている。構文の終りは，end と予約語である。例えば

```
if HEAD／＝null then
   HEAD. PRED : = TEXT ;
end if ;
```

elseのほかにelsifというのもあり，これはelse if の代用になる。

```
ifI = 1 then
   S1 ;
else
   ifI = 2 then
    S2 ;
   end if ;
end if ;
```

と

```
ifI = 1 then
   S1 ;
elsifI = 2 then
   S2 ;
end if ;
```

は同じものである。

case 文は，次のように使う。

```
case TODAY is
    when MON => INTIAL_BALANCE ;
    when FRI => CLOSING_BALANCE ;
    when TUE .. THU => REPORT (TODAY) ;
    when SAT | SUN => null ;
end case ;
```

ここでnullは必ず書かなければならない。ループには次の3つの形がある。

```
for I in A'RANGE loop
    A(I) := 0 ;
end loop ;
```

配列Aのすべての要素がこれで0になる。whileループは，例えば次のとおりである。

```
while NEXT /= null loop ;
    SUM := SUM + NEXT.VALUE ;
    NEXT := NEXT.SVCC;
end loop ;
```

3番目の形は，

```
loop
  ⋮
end loop ;
```

のような無限ループであるが，出口のために文exitがある。go to文もある。

2.2.9 副プログラム

Adaのプログラムは

副プログラム（手続と関数）

タ　ス　ク

パッケージ

を単位として構成され，この3種をプログラムユニットと呼ぶことになっている。

手続きは値を帰さないが，関数は値を帰すのは通常のとおり。

手続きは

```
procedure  MAIN PROGRAM
    procedure  SUB PROGRAM 1 is ……… end ;
    procedure  SUB PROGRAM 2 is ……… end ;
    package p1 is                   ……… end ;
begin
  ⋮
end ;
```

のように入れ子にしてもよい。

関数の例として，行列の積のプログラムをもう一度とりあげよう。

```
type VECTOR is array (INTEGER range < >) of REAL;
function INNER (A,B : VECTOR) return REAL is
    SUM : REAL :0.0 ;
begin
    for I in A'RANGE loop
      SUM := SUM + A(I)* B(I);
    end loop ;
    return SUM ;
end INNER ;
```

値を帰すのはreturn SUM のところである。呼び出すには例えば次のようにする。

```
declare
   P,Q :VECTOR (1 . . 100) ;
   R :REAL ;
begin
  :
   R : = INNER (P,Q) ;
  :
end ;
```

関数はINNER のような識別子でも，"＊"のような文字列でも表示できる。

だから

```
function "＊" (A,B : VECTOR) return REAL is
  :
end "＊" ;
```

として

```
R:= P ＊ Q ;
```

のように呼んでもよい。

副プログラムのパラメータに3つのモードがある。

in　実パラメータは一般の式でよいが，仮パラメータの制約（例えば，値の範囲など）を満たす必要がある。仮パラメータはこの値をもつ。

out　実パラメータは変数で，仮パラメータは初期値が未定の局所変数としてふるまい，手続き本体内で値を与えなければならない。

in out　実パラメータは変数で，その値は仮パラメータの制約を満たす必要がある。仮パラメータはこの値を初期値とする局所変数としてふるまう。

関数の場合は in モードだけで，何も書かないデフォールトでは in モー

ドが設定される。副プログラムのヘディングに初期値が含まれていて，対応する実パラメータが与えられないとその初期値が用いられる。例としてアメリカでドライマティーニを注文する例をあげる。

```
type SPIRIT is (GIN, VODKA);
type STYLE is (ON_THE_ROCKS, STRAIGHT_UP);
type TRIMMING is (OLIVE, TWIST);
```

標準のディフォールト値が次で与えられたとしよう。

```
procedure DRY MARTINI
  (BASE : SPIRIT := GIN ;
   HOW : STYLE := ON_THE_ROCKS ;
   WITH : TRIMMING := OLIVE) ;
```

代表的な呼び方は，例えば

```
DRY_MARTINI (VODKA, WITH => TWIST);
DRY_MARTINI (HOW => STRAIGHT_UP) ;
DRI_MARTINI ;
```

最初の呼び出しはウォッカベースでツイスト，最後の呼び出しは標準のジンベース，オンザロックでオリーブ入りである。

2.2.10 パッケージ

Adaではひとつのプログラムを構成するのに必要な副プログラムをライブラリに入れることにしている。ライブラリには別にパッケージという関連する副プログラムとデータを組にしたものも用意される。

例えば副プログラムS11，S12，S13が共通データを用いているとき，パッケージの仕様は次のようになる。

```
package P1 is
    procedure
      S11
```

```
        procedure
          S12 (X : in out INTEGER ; Y : out BOOLEAN) ;
        function
          S13 (I : in CHARACTER) return CHARACTER
    end ;
```

これを仕様とみなすには，各副プログラムがどんな働きをするかを書く必要があるが，これはコメントによってすることになっている。仕様記述言語の設定は時機尚早であるという判断に基づいている。

別に，パッケージの本体には具体的な内容を書く。

```
    with P2 , P3, P4 ;
    package body P1 is
        共通データの宣言
        呼び出し副プログラムの宣言
        procedure S11 is……S11 の本体……end ;
        procedure S12 (X : in out INTEGER ; Y : out
                        BOOLEAN) is……S12 の本体……end ;
        function S13 (I : in CHAR) is……S13 の本体……end;
```

パッケージの仕様と本体は別々にコンパイルすることができる。当然仕様を先にコンパイルしないと，本体はコンパイルできない。パッケージが公開するものは仕様に書いてあることだけという建前である。仕様に変更が及ばない限り，本体の方を変更して差しつかえない。そのときパッケージを引用する他のプログラムを再コンパイルする必要はない。

パッケージを引用する例として，Ada に備えられたCALENDER を示そう。その仕様は次のとおりである。

```
    package CALENDER is
        type TIME is record
          YEAR : INTEGER range 1901……2099 ;
          MONTH : INTEGER range 1……12 ;
```

```
        DAY  : INTEGER range 1 ……31 ;
        SECOND : DURATION ;
        end record ;
    function CLOCK return TIME ;
end ;
```

ここでYEAR は2099 年までとなっているが，積りは21 世紀末まで使ってもらおうということであろうか。パッケージCALENDERを用いて今日の日付を知ろうとすると，次のようになる。

```
with CALENDER ;
procedure MAIN is
    NOW : CALENDER.TIME ;
        ...
begin
    NOW := CALENDER.CLOCK ( ) ;
        ...
end ;
```

パッケージの1つの形にプライベート型がある。これはその型の実現の詳細を知らせないで，型を公開して共同利用させるものである。例えば，複素数を扱うパッケージで，その実現をユーザに知らせないで利用してもらうには次のようにする。

```
package COMPLEX_NUMBERS is
    type COMPLEX is private ;
    function "+" (X, Y : COMPLEX) return COMPLEX ;
    function "-" (X, Y : COMPLEX) return COMPLEX ;
    function "*" (X, Y : COMPLEX) return COMPLEX ;
    function "/" (X, Y : COMPLEX) return COMPLEX ;
    function CONS (R, I : REAL) return COMPLEX ;
```

```
    function RI-PART (X : COMPLEX) return REAL ;
    function IM-PART (X : COMPLEX) return REAL ;
private
    type COMPLEX is
      record
        RL : REAL ;
        IM : REAL ;
      end record ;
end ;
```

この仕様で通常のみえる（visible）部分の後にプライベート（private）部分があり，パッケージの本体は例えば次のようになる。

```
package body COMPLEX_NUMBERS is
    function "+" (X, Y : COMPLEX) return COMPLEX is
    begin
        return (X.RL + Y.RL, X.IM + Y.IM) ;
    end ;
      ⋮
    function "*" (X, Y : COMPLEX) return COMPLEX is
    begin
        return
         (X.RL* Y.RL - X.IM* Y.IM, X.RL* Y.IM + X.IM* Y.RL) ;
    end ;
      ⋮
    function CONS (R, I : REAL) return COMPLEX is
    begin
        return ( R, I ) ;
    end ;
```

```
    ⋮
function RL_PART (X : COMPLEX) return REAL is
begin
    return X.RL ;
end ;
    ⋮
end COMPLEX_NUMBERS ;
```

パッケージを使うには例えば次のようにすればよい。

```
declare
    use COMPLEX_NUMBERS ;
    I : constant  COMPLEX := CONS (0.0, 1.0) ;
    C, D COMPLEX ;
    R, S : REAL  ;
begin
    C := CONS (1.5, -6.0) ;
    D := C + 1   ;                  -- COMPLEX +
    R := RL_PART (D) + 6.0 ;        -- real +
end ;
```

もし複素数の定義を極座標にするなら

```
type COMPLEX is
    record
      R : REAL ;                    -- polars
      THETA : REAL ;
    end record ;
```

として本体を変えればよい。このときユーザプログラムは変更する必要はない。

2.2.11　分割コンパイルと汎用体

ライブラリの要素はAdaでは，ばらばらにコンパイルできるようになっている。大規模なプログラミングでは作業の分業やコンパイル時間の手間を省く意味で，この機能が役立つ。ライブラリの要素をユーザが抜き出してコンパイルしようとすると，次の2つが問題になる。

(1) その要素を引用しているもののコンパイルにあたって，その要素の型などの必要な情報が見えなくなる。

(2) その要素のコンパイルにあたって，元の環境が分からなくなる。

このためAdaでは，抜き出す要素の引数などについての仕様はそのままライブラリに残し，本体部分のみ抜き出すということを示す語separate で明示する。

```
package body P1 is
  ……共通データの宣言……
    procedure S11 is separate ;
    procedure S12 (X : in out INTEGER;Y:out
                        BOOLEAN) is separate ;
      …
    begin
      …
    end ;
```

こうすればP1 のコンパイルに必要な情報をライブラリに残しておけることになる。一方抜き出したS11をコンパイルするにはP1 の環境が復元できないと困るので「P1 から抜き出した」ことを明記してコンパイルする。

```
separate (P1 )
procedure S11 is
  ……S11 の本体……
end ;
```

S11も大きいのでさらにその直接の要素S111を別にコンパイルしたいときも同様にする。

```
separate (P1, S11)
procedure S111 is
    ...
end ;
```

Adaはデータ型を厳密に扱う言語であるので，似通ったプログラム（例えばソートや行列演算や入出力）を汎用的に扱いたいときはかえって不備をきたす。そこで登場するのが汎用体（generic)である。例えば

```
procedure SWAP (I, J : in INDEX) is
    W : ELEMENT ;
begin
    W := A (I) ; A(I) :=A (J) ; A (J) :=W ;
end ;
```

は配列の要素の値を入れかえるが，このアルゴリズムは配列の要素の型ELEMENT や添字の型INDEX や行列Aが何であっても使えるという意味で汎用である。だから，この手続きSWAP は ELEMENT，INDEX，Aという3種類の可変部のある雛形だとみなしたい。ユーザは使うときにこの可変部を定めて自分用のものを具体化したいことになる。いってみればマクロに似た機能である。

```
generic
    type ELEMENT is private
    type INDEX is (< >)
    type LIST is array
      (INDEX range < >) of ELEMENT ;
    A : LIST ;
procedure SWAP (I, J : in INDEX) ;
```

この汎用体を使うには，例えば

```
type VEL_CHAR is array
    (INTEGER range < >) of CHARACTER;
type CHAR_BOOL is array
    (CHARACTER range < >) of BOOLEAN ;
A : VEC_CHAR (1 ..... 50) ;
B : CHAR_BOOL ('A' .....'Z') ;
    I, J : INTEGER ; C, D : CHARACTER ;
```

として

```
procedure SWAP_A (I, J : in INTEGER)
  is hew SWAP (CHARACTER, INTEGER, VEC_CHAR, A) ;
procedure SWAP_B (P, Q: in CHARACTER)
  is new SWAP (ELEMENT = > BOOLEAN,
    INDEX = > CHARACTER,
    LIST  = > CHAR_BOOL,
    A     = > B  )  ;
```

などとして，配列A用の手続きSWAP_A， 配列B用の手続きSWAP_Bを具体化する。SWAP_AやSWAP_Bは普通の手続きに過ぎないから

```
SWAP (±, (I + J) / 2) ;
SWAP (C, D) ;
```

としてAやBの要素の入れ替えができる。

パッケージを基本的単位とするプログラミングという以上の考え方の特徴まとめると次のとおりである。

(1) モジュールの分解は一連のデータ構造と一連の副プログラムの組（対）で行われるので，修正や変更をパッケージ内に局所化でき，比較的容易な開発保守の可能性につながる。

(2) 仕様と本体を別々にコンパイルできるから通常のコンパイル方式より有効である。

(3) パッケージの仕様の公開部分だけ読めば，本体の実現方式を知らなくても利用でき，故意や過失でデータを壊したりすることがない。

(4) プログラミングをトップダウン方式でも，ボトムアップ方式でも行いやすい。また，ライブラリによってひとつのパッケージの仕様変更がどのパッケージまで波及するかを監視できる。

2.2.12 タ　ス　ク

タスクは併行処理を扱う。その宣言は

```
declare
    task T is
     …… 仕 様 ……
    end ;
    task body T is
     …… 本 体 ……
    end T ;
begin ……ここで本体が実行され始める……
```

のようにする。例えば，空港に着いてホテルを予約し，荷物をとり，レンタカーを借りるのを同時にやるには

```
procedure ARRIVE_AT_AIRPORT iis
    task CLAIM_BAGGAGE is
      ⋮
    end ;
    task body CLAIM_BAGGAGE is
      ⋮
    end ;
    task RENT_A_CAR is
      ⋮
    end ;
    task body RENT_A_CAR is
      ⋮
    end ;
begin
    BOOK_HOTEL ;
end ARRIVE_AT_AIRPORT ;
```

とする。end ARRIVE_AT_AIRPORT ; で親子3人が3つの仕事をめでたくやり終えて，落ち合えることになる。

タスク間の同期と情報交換はエントリ（entry）とaccept 文によって行う。タスクの仕様に許される宣言はエントリだけである。このエントリを他のタスクの本体にあるaccept 文で受けつける。

図2－8でタスクAのB.E(N)のところで，タスクBの“do...end”の部分が単独で実行され終ると，2つのタスクはまた別々にそれぞれの手続きを続行する。この方式をランデブー（rendez－vous）方式という。

```
タスクA          タスクB
                 E          ……  エントリ …
  ⋮                            ⋮
                 accept E (X : INTEGER) do
B.E (N) ;                      ⋮
  ⋮              end ;
                               ⋮
```

図2－8　ランデブー

両方のタスクで同期をとるだけなら引数は要らない。ランデブーではタスクBは，誰から申し込まれても仕方がなく選択できないようになっている。待ちのタスクが複数の時は，通常ファーストインファーストアウト方式で処理される。

併行処理の方法は大別して次の2つある。

(1)　タスク間の共有された変数を用いる。

(2)　タスク間の「メッセージ」の変換を用いる。

PL/1のイベントは(1)の方式である。素朴なシグナル方式は(2)の方式である。Adaのランデブーは洗練された(2)の方式とでもいえるものである。受け付け側のタスクが複数のエントリをもち，どれでもよいがどれひとつの呼び出しを待っている場合は，選択的な待ち（Select 文）が起る。

```
select
    accept E1 do ... end ; ... ;
or
    accept E2 do ... end ; ... ;
or
    ...
end select ;
```

例えば60秒ごとに何かひとつの仕事をするタスクは，さきほどのCALENDERを使って次のように書ける。

```
task body T is
    INTERVAL : constant DURATION := 60.0 ;
    NEXT : CALENDER.TIME := CALENDER.CROCK
                                ( ) + INTERVAL ;
begin
    loop
      delay NEST_CALENDER.CROCK( ) ;
      -- some actions
      NEXT := NEXT + INTERVAL ;
    end loop ;
end ;
```

2.3 Adaの環境（APSE）

Adaは，単なる1つの言語ではなく，プログラム開発保守に関係するソフトウェア体系をその最終目標としている。

周知のように，Adaのオペレーティング環境は次の3つのレベルから構成されている。

(1) KAPSE（Kernel Ada Programming Support Environment）

(2) MAPSE (Minimal Ada Prgramming Support Environment)

(3) APSE (Ada Programming Support Environment)

以下，SofTech社が米国陸軍から受託しているAda システム（ALS ; Ada Language System）を例にとり，(1)〜(3)の概要を紹介する。

(1)〜(3)のベースとなるStonemanの仕様については次を参照されたい。

Adaに関する調査，工業用計算機システムのソフトウェアに関する調査報告書，第1部　日本電子工業振興協会，56−A−181（1981）

Adaの全体構成は，図2−9，図2−10のようになっている。

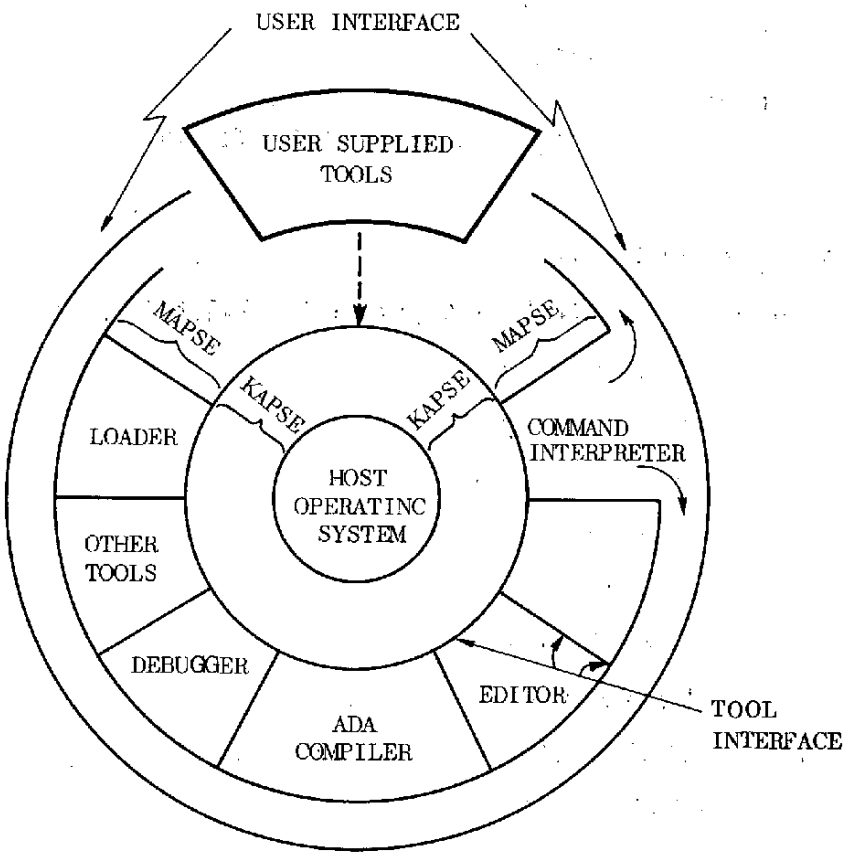


図2−9　Ada の全体構成

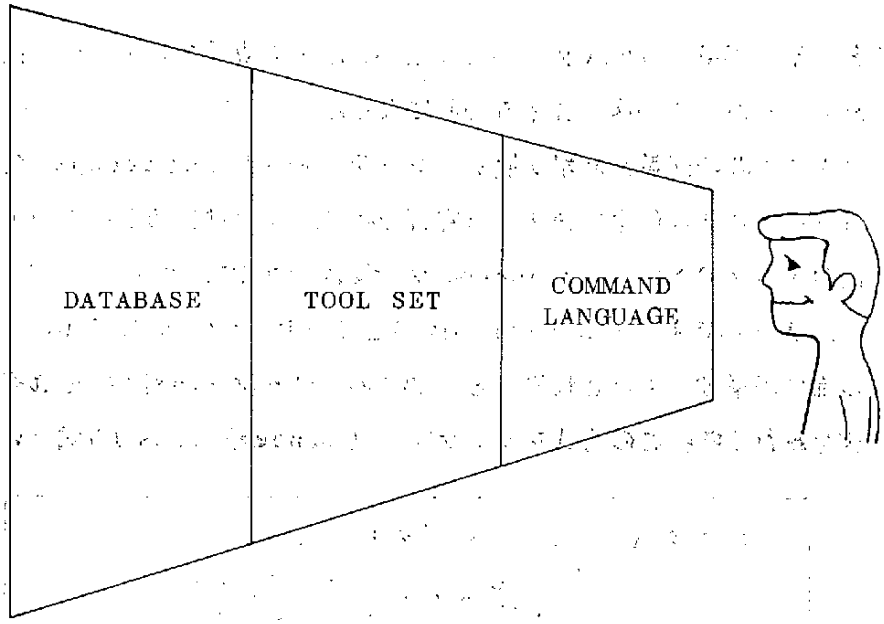


図２－１０　ユーザからみたAda

2.3.1 Adaのツール

Adaのツールは，既述の次のものである。詳細は省く。

コンパイラ
リンカ
ローダ
アセンブラ
データベース
コマンドプロセッサ
構成管理支援系
記号検査系
ファイル管理系
表示ツール
スタブジェネレータ
タイミング分析系
頻度分析系

テキストエディタ

テキストフォーマッタ

2.3.2 コマンドプロセッサ

コマンドプロセッサは，ユーザとのインタフェイスであり，コマンド列を解析して他のツールを起動させる。

ツールは，実行可能プログラムかコマンド言語の列である。標準のツールがMAPSEのツールとして提供されることになっている。ツールの作成は，ユーザによるか他のツールによるかどちらかであり，データベースのどこへでもストアできる。ツールのサーチ方法はユーザがいつでも変更できるようになっている。

ツールコマンドは，ALSのファイル中のツールの名前とパラメータと入出力のコントロール情報からなりたっている。例えば，

DATE

DATE OUT => MY_DATE

入出力のコントロール情報として，次がある。

標準ファイル

MSTRIN …… キーボード標準入力

MSTROUT …… 端末標準出力

STDIN …… 標準入力

STDOUT …… 標準出力

MSGOUT …… メッセージ出力

入出力コントロール

IN => ファイル名……標準入力の移送

OUT => ファイル名……標準出力の移送

ADD => ファイル名……標準出力の付加

MSG => ファイル名……メッセージ出力の移送

ツールコマンドには，置換え機能があり，マクロ機能のように適宜コマンド列をどこでも置換えることができる。例えば，

SHORT：=.ELEVATOR．CAR．MOTOR

LIST（#SHORT．MOVE））

とすれば，SHORTのところが代入文の右辺で置換えられる。

コマンド列（プロシージャ）はまとまって1つのコマンドになれる。例えば

COMPILE_LOAD_GO

これらがいつ起動されるかは，Adaのプログラムのなかからは，見えない。

そのほか，コマンドとして，

RETURN

IF_THEN_ELSEIF_ELSE

LOOP AND EXIT

なども利用できる。

2.3.3 データベース

既述のとおり，データベースはコンテナ（Container）から構成されている。コンテナは1つ以上のコンパイル単位を表わすファイルで，次のものを含む。

ソーステキスト

中間表現

診断情報

統計情報

オブジェクトコード

外部名

デバッガマップ

これらのデータベース中の分割は，木構造を基本とし，Adaのスコーピングに基づく分割可能なモデルによっている。

ノードの記述は，

属　性　（attribute）

関　連　（association）

によって，ユーザがこの記述を拡張することができる。

コンテナはそれぞれ１つの複合化されたデータベースを形成し，次のものから構成される。

レコード（Cノードと呼ぶ）

Cノードの属性

Cノード間の関連

標準のＡＬＳのデータベースの構成は，図２－１１のようになっている。

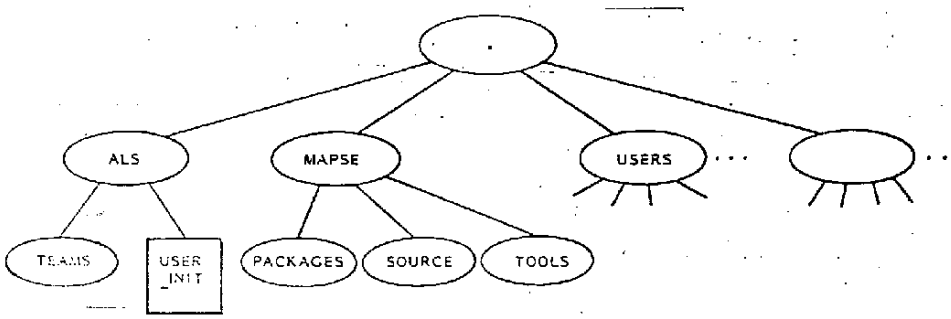


図２－１１　標準ALS データベース

ノードの名前は２０文字以内の文字列であって，標準の属性には次のものがある。

〈属　性〉	〈　値　〉
NODE　TYPE	FILE
CATEGORY	ADA_SOURCE
CREATOR	SMITE

CREATION_DATE　　24 FEB 82

PURPOSE　　SET UP NAME_TABLE

DERIVATION　　…

ACCESS_LOCKS　　…

属性間の関連を示す関連（Association）は20文字以内の名前からなる任意の長さの文字列を含み，次の標準のものがある。

DERIVED_FROM　　（の源，由来からなる）

USED_TO_DERIVE　（用いられる）

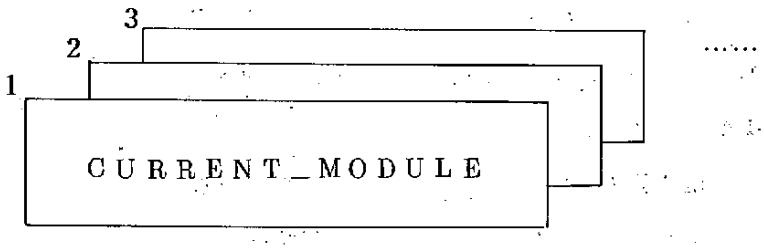
DEPENDS_ON　　（に依存する）

REFERENCED_BY　（参照される）

これらは，基本的なトリー構造のオーバレイのために用いられる。

これらを用いて，Ada プログラムと関連情報が形成されるわけであるが，その構成管理には，次の操作がある。

更新（revision）は，プログラムの凍結と同定のために用いられる。



のようなプログラムのバージョンがあるとき，

CURRENT_MODULE

は更新バージョンを示し，

CURRENT_MODULE (2)

はバージョン2を，

CURRENT_MODULE (F)

は凍結された最新バージョンを示す。

変化（variation）は，代替コードや代替設計のコントロールのために

用いられる。代替コードが生じるノードは，ANDノードではなくてORノードとなる。

ファイルの由来情報（deriation）のコントロールもできるが，これはファイルの生成と文書のコントロールを次の情報によって可能とする。

使用ツール
入力ファイル名
起動上のパラメータ
実行時の対話情報ほか

ALSデータベース以外のデータベースからのファイルはその旨マークされる。

代替設計やチームによる共同開発によって，同一あるいは類似のファイルが急増する危険に対しては，ファイルの共有（sharing)が用意されている。また，アクセス権については，通常のキーによるロックアンロックの操作が用意されている。

ファイル管理あるいはデータベース管理の支援としては，

ファイルコンパレータ
個人用スナップショット
データコンバージョン
アーカイブ
バックアップ
リストア

が用意されているほか，原則としてデータベースの移植はホストのオペレーティングシステムとは独立に行えるようになっている。

2.3.4 KAPSE

KAPSE(Kernal Aba Programming Support Enviroment)は，移植性をその設計の第一目標として作成された。利用した基本技術はカ

リフォルニア大学バークレイ校の42コンピュータ，54のオペレーティングシステムが同居（雑居）するような環境で，十分有効であると認められたものに限っている。

KAPSEのエントリは，表2－4のようであり，これによってその概要がみてとれる。

表2－4　KAPSEのエントリ群

ファイルI/O	データベース	プログラム制御	派生情報
Create	Set Attribute	Start	Turn on Logging
Open	Examine Attribute	Abort	Delete Reference
Close	Set Association	Termination Request	Force Reference
Read	Examine Association	Debug Support	Post a Note
Write	Create Directory	Date and Time	
Seek	Create Variation	Escape to Host OS	
Prompt	Delete	Set Access Key	
Revise	Rename Move		
	Share		
	Find Parent		
	Find Child		

第３章　マンマシンインタフェイス

第3章　マンマシンインタフェイス

産業革命以来の技術進歩によって，人類の筋肉労働は著しく機械化され，人間の価値が動力源としてではなく，知能源として評価されるようになって，人間の知的能力，例えば判断力・認識力・適応力などがシステムの重要な要素として組込まれる様になった。この結果，定形的で単純な頭脳労働 — 頭脳によるルーチンワーク — が大きな割合を占め，この分野の機械化，つまり，インテリジェンス化に対する要望が大きくなった。マイクロコンピュータの誕生によって，この要求に対処することが可能になった。即ち，人間の頭脳労働の一部分を置き換え得る「インテリジェントコンポーネント」としてマイクロコンピュータが機能するからである。今や，エレクトロニクスに匹敵する技術分野「インテリジェニクス」がこの大きな可能性への歩みを始めたのである。

インテリジェニクスはマイクロコンピュータの一般化・大衆化の観点から三世代に分けられる。極めて限定された範囲ながら，専門家の独占物であったコンピュータを身近かに利用し，趣味生活を拡大した第Ⅰ世代，民生機器にマイクロコンピュータが一機能部品として組込まれ，機器の利用者はマイクロコンピュータの存在自体をも意識することなく，機器が本来的に提供する機能を利用する第Ⅱ世代を経て第Ⅲ世代へと展開することが期待される。第Ⅲ世代では，独立して存在する機器を使用するという意識は全くなくなり，使用者の肉体的，精神的な拡張，あるいは使用者の機能の一部分として，機器が認識される状態である。第Ⅲ世代においては使用者に機器の存在そのものを意識させないためにマンマシンインタフェイスが極めて重要な位置を占めることになる。本章では，インテリジェニクスの第Ⅲ世代を担う代表的マンマシンインタフェイスを紹介する。

3.1　音声合成

人間の持つ最も強力で自然な通信手段は音声であり，また人間の思考プロ

セスも音声と直接関係している。機械が人間の音声を出力することは人に機械を意識させないための重要な要素である。つまりインテリジェニクスが第Ⅲ世代に展開する一つの要因が音声出力である。マンマシンインタフェイスとしての音声出力は次のような特徴を持っている。

(a) 極めて自然であり，理解がし易い。

(b) 視覚との平行理解ができ，目・手・足などが拘束されない。

(c) 機器に対する習熟が不要である。

(d) 出力の結果が残らない。

音声合成は大きく編集方式と規則方式とに分けられる。前者は予め意味のある単語以上の音声単位を用意しておき，これを編集組合せるもので，後者は，音節や音韻など意味を持たない音声単位から規則によって任意に音声を作るものである。表3－1は各種方式の得失を一覧するものである。何れも音声を符号化することが必要となるが各符号化方式間の関係は図3－1に示す様になっている。以下に音声合成の代表的方式を紹介する。

制御方式	編集方式							規則方式							
波形形成方式	記録再成方式				合成方式			記録再成方式				合成方式			
方式名称	音声ファイル	録音編集	素片編集		音声ファイル	パラメータ編集		規則素片				規則合成			
制御単位	文章以上	単語又は句			文章以上	単語又は句		VCV，音節，音韻等							
記録単位又は波形形成手法	ファイル	単語又は句	音声素片 自然素片	音声素片 合成素片	音韻素片	PARCOR	PARCOR	VOICE EXCITED VO-CORDER 等	単音節波形	音声素片 自然素片	音声素片 合成素片	音韻素片	PARCOR	スペクトルアナログ	ターミナルアナログ	声道アナログ
波形メモリ又はパラメータメモリ	非常に大	大	中		小	大	中	中	小			小	小	小	小
制御メモリ	中	小	小		中	小	小								
処理	高速	簡単	簡単		簡単	複雑	複雑	複雑	複雑			複雑	複雑	複雑	複雑
語彙数	非常に大	中	大		大	非常に大	大	大	無限	無限		無限	無限	無限	無限
多重度	小	大	中		中	小	小	小	大	中		中	小	小	小
品質	優	優	良		可	優	優	可	可	良		可	良	可	可

表3－1　音声合成の方式比較

- 単一チャネル内での処理
  - 単に信号振幅値を符号化する。
    - ＰＣＭ符号化 Reeves
      - 直線符号化（最も基本的な符号化方式）
      - 非直線符号化
        音声信号の振幅が負の指数分布であることやダイナミックレンジが広いことを考慮して圧伸関数を用いて量子化する。
        - 双曲線圧伸 B.D.Smith
          - 双曲線正弦関数 金子
          - 荷重双曲線 大橋
          - 合成双曲線 川島
        - 対数圧伸
          ダイナミックレンジ広く，回路簡単 B.D.Smith，B.Smith
        - 折線圧伸
          対数圧伸の近似 Reeves
    - 差分符号化
      信号の過去の標本値に基いて，現在の標本値を予測するときの予測誤差が標本値そのものよりダイナミックレンジが減少することを利用する。
      - △M符号化
        予測誤差信号の正負を判定し，1ビットに符号化する。標本化，保持回路などが不要で，符号器が極めて簡単に構成できる。 Dileraine
        - 単一積分 de Weg
        - 二重積分 de Jager
        - シラブル圧伸（量子化ステップが信号のレベルに従って変化する。） Greefkes，友沢
        - 適応化（同一符号の連続により，離散的に増幅器利得が変化する。） Abate
      - ＤＰＣＭ符号化
        標本化をナイキスト周波数で行い，予測誤差を複数ビットで符号化する方式である。 Cutler
        - 固定予測 似島，Mcdonald
        - 適応予測（予測回路の係数を時変数にして最適予測を行う。） Atal
        - Entropy Coding Oneal，Virupaksha
        - 適応量子化 Cummusky
        - Residual Encoder（適応予測＋可変長符号化） Gibson，Cohn
  - *音声の短時間周波数スペクトルの特徴を音源の微細構造とスペクトル包絡線とに分離し，それぞれの特徴を近似的に規定するようなパラメータを抽出して符号する。 1939 Dudlay
    - チャネルボコーダ（多重化にむいている。）
      送信側の分析部で有声・無声の判定及び有声の場合の基本周波数の抽出を行うと同時に，電話帯域を十数個に分割した各帯域フィルタの出力を整流，平滑化して，周波数スペクトル包絡線の特徴を抽出する。
    - ボイスエキサイテッドボコーダ
      音声帯域の低域部分を直接伝送し，他の部分のスペクトル包絡線を通常のボコーダの手法で伝送する。
    - ホルマントボコーダ
      スペクトル情報として第1～第3までのホルマントの周波数と強度，ピッチ周波数及び有声・無声弁別のために合計7種の信号を伝送し，これらに関する情報から受信側でスペクトル包絡線を再生する。 Flanagan
      - 最尤法
        信号に変動要因が含まれることを前提としたうえで，与えられた観測値（短区間の波形）から，音声の特徴パラメータの最適推定を行う。
      - ＬＰＣ
        音声を10 KHzで標本化し5～10 ms間の標本値より，12個の予測係数を算出し，これらをもとにピッチ周期，有声・無声の区別，音声標本値のrms値を求め，合計15種の信号を伝送する。受信側ではこれらの情報よりパルス発生器あるいは白色雑音発生器と適応線形予測器とで音声を合成する。 Atal Speak & Spell
      - PARCOR
        時刻 t－τ と t の間における（τ－1）個の有声標本値から最小2乗予測によって，t－τ 並びに t における音声標本値を予測し，実際の値とその予測値との差をそれぞれ求めてその差の相関（PARKOR係数）を決定する。更に，このPERKOR係数を用いて音声の基本周波数を求め，PERKOR係数とともに伝送する。 板倉
    - ケプストラムボコーダ
      スペクトル包絡情報がケプストラムの低ケフレンシ部に，音源情報が高ケフレンシ部に得られることを利用し，さらにスペクトル包絡情報をフレーム相関を用いて一種のＤＰＣＭの形で伝送する。
- 複数チャネル間での処理
  - 多重化による効果を利用した処理
    - ＴＡＳＩ
      ポーズ期間に他加入者の声をそう入することによりチャネル利用率を高める。（ＤＳＩ） Bullington
      - ＳＰＥＣ Sciulli
        前の標本値との差が一定値以上の時のみ送出
      - ＰＣＭ－ＴＡＳＩ 太田
        A/D変換後ディジタル処理によって信号の統計的性質に適合した符号化を行う。
    - 直交変換 ―― アダマール変換
      通信情報の統計的平均化作用によりピークファクタの改善を行いPCM伝送ビット数の低減を図る。 唐津 Hines

武蔵野通研→ 日立 静岡大 CODIC

図3－1　音声の符号化方式

(1) 録音編集方式

符号化された音声波形をメモリに格納し，単語または文章単位で読み出す方式である。符号化方式はΔM，ＤＰＣＭなどが採用され，符号のレートは16Ｋ～100Ｋbit／sec と極めて大きい。図３－２はその構成を示すものである。

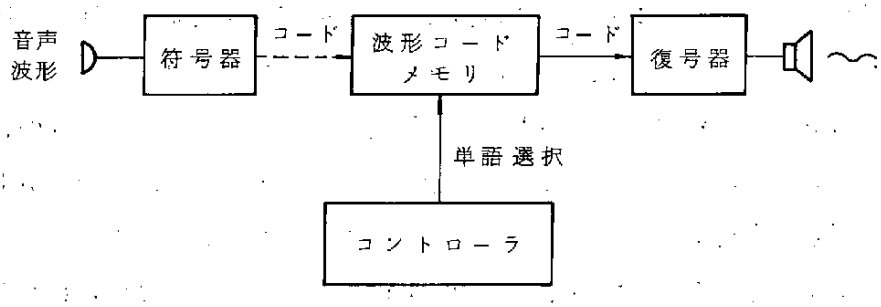


図３－２　録音再生方式

(2) パラメータ合成方式

音声波形を分析して，例えばフォルマント周波数，ＬＰＣ係数など音声の特徴パラメータを抽出し，これらパラメータをメモリに格納しておき，これに基づいて音声を合成する方式で，この合成部は図３－3のように各種提案されている。図３－４は構成例である。ビットレートは１Ｋ～16Ｋbit／sec である。

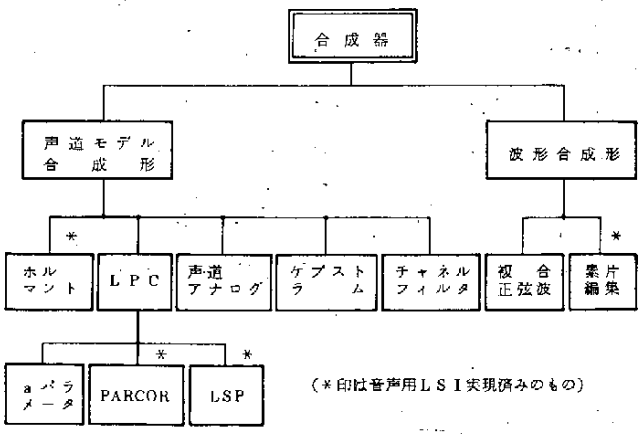


図３－３　音声合成器の分類

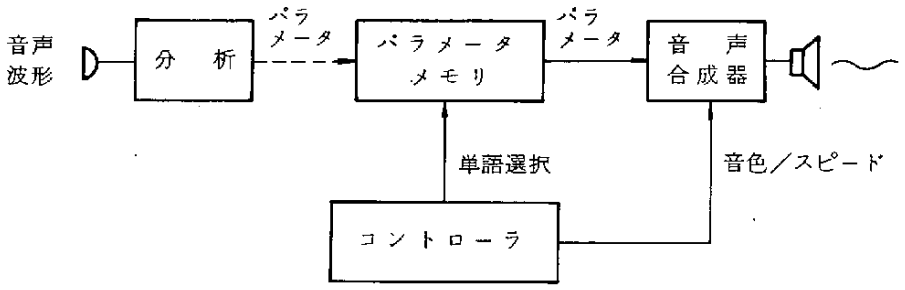


図３－４　パラメータ合成方式

(3)　法則合成方式

音韻規則に従って文字列を特徴パラメータに変換し，その後，音声をパラメータ合成によって作るものである。図３－５は構成例である。文字列は一度音韻／韻律記号列に変換され，合成用パラメータが作られる。文字列情報のビットレートは50～100 bit／sec，　音韻記号のビットレートは100～300 bit／secである。

音声合成に対する市場の要求増大と半導体技術の展開によって表３－２に示す如く今や音声合成用ＬＳＩや合成ユニットが広く市場を拡大しつつある。

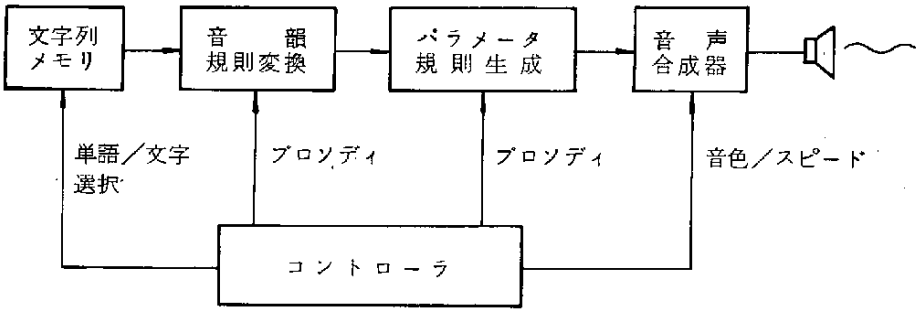


図３－５　規則合成方式

表3－2　音声合成用ＬＳＩ

会社名	機種名	実現方式	システム構成チップ数	プロセス	平均ビットレート (KBS)	電源電圧 (V)	インターフェイス	スピーカー駆動	語数	パッケージ	供給開始時期	開発費用	開発期間	価格
T I	TMS5100	LPC	3	P-MOS	0.6－1.6	－9	μP	O	－	28	80.2Q			
〃	〃 5110A	〃	3	〃	1.6－2.0	－9	μP	〃	－	28	82.1Q			
N S	DEGITALKER	ADM	2	N-MOS	1－2	7、－11	－	×	25	40	80.2Q	1種当り15万－20万円	EP-ROM出荷に4週間	8,000円(16K-ROM付)
A M I	S3610	LPC	1	C-MOS	1.2－2	6	－	O	32	24	82.1Q	1種当り 3万3千円	3週間	2,200円(50K)
〃	〃3620	〃	2	〃	〃	11	μP	O	〃	22	〃	〃	〃	1,800円(〃)
I T T	UAA1003	ΣΔ	1	N-MOS	－	5	－	×	20	40	81.1Q	－	－	－
G I	SP0232	LPC、ホルマント	1	〃	1.5－3	4.6－7	－	－	－	28	82.1Q	100万円程度	6週間	1,700－1,800円(大量)
〃	〃 0256	〃	1	〃	〃	〃	－	－	－	〃	〃	〃	〃	〃
松下電子	MN6401	PARCOR	1	〃	1－2	5	－	O	63	28	80.3Q	180万円程度	1.5カ月	2,400円(10K)
〃	NB1001	〃	ボード	－	－	7－12	－	－	〃	－	81.3Q	(マスクチャージ80万円	〃	15,000円(サンプル価格)
〃	〃 1002	〃	〃	－	－	〃	－	－	〃	－	〃	開発費10万円	〃	22,000円(〃)
〃	〃 1003	〃	〃	－	－	〃	－	－	〃	－	〃	(マスクチャージ80万円	〃	30,000円(〃)
〃	〃 1004	〃	〃	－	－	〃	－	－	〃	－	〃	開発費60万円	〃	50,000円(〃)
日 立	HD38880B	PARCOR	2	P-MOS	－		μP					200万円	1カ月－1.5カ月	1,800円(1K)
〃	HD61885	〃	1	C-MOS	1.25－9.9	5	－	×	63	28(44)	81.3Q	〃	〃	2,900円(〃)
三 菱	M58817AP	〃	3	P-MOS	1.96－3.92	－10	μP	O	－	28	79.4Q	－	2カ月	2,000円－3,000円
〃	PCA8520G01	CVSD	ボード	－	－	5、15、－15	〃	O	－	－	〃	－	〃	3万－5万円 (キット)
沖電気工業	SVM9300	音素片	1	C-MOS	－	3－5	〃	O	30－35	24	81.2Q	150万円	1－2カ月	1,000円以内(大量)
日本電気	μPD7751C	適応差分圧縮		N-MOS	14－20	5	μP	－	－	40	81.4Q	4万円(8秒)	即時(半日)	2,000円(1K)
〃	〃 7752C	ホルマント	1	C-MOS	2.4－5.6	5	－	－	63	28	〃	40〃(13〃)	1－2カ月	3,000円(10K)
〃	〃 7711C	音素片	1	N-MOS	－	4.5－6.6	－	O	－	28	〃	100〃(1－3〃)	〃	700円(〃)
〃	〃 7774C	〃	1	〃	－	〃	－	O	－	28	〃	600〃(10－300〃)	〃	1,500円(〃)
〃	〃 7774G	〃	－	〃	－	〃	－	O	－	64	〃	－	－	1,500円(1K)
東 芝	T6721	PARCOR	2	C-MOS	1.2－3.6	3－7	μP	O	－	42(52)	81.4Q	－	－	4,000円(サンプル)
〃	〃6174	ADM	2	〃	16－32	3－5	μP	－	－	14	〃	－	即時	〃
沖電気	MSM5205RS	ADPCM	3	C-MOS	－	－0.3～＋6.5	〃		－	18	81.2Q	30万円	2－3週間	330円(10K)
〃	〃 5218 〃	〃	1	〃	－	3－7	－	O	－	24	〃	ユーザー実績	即時	530円(10K)
〃	〃 6202 〃	〃	1	〃	6.4－	3－5	－	O	31	60	〃	180万円	2カ月	1,300円(50K)
シャープ	LRN3680	波形符号化	1	－	－	4.5	－	O	－	－	－	約280万円	1.5カ月－2カ月	2,000円(10K)
〃	〃 3681	〃	1	－	－	3.0	－	－	－	－	－	〃	〃	〃
三洋電機	VSY－100	PARCOR	－	N-MOS	－	5.0	－	－	－	40	社内供給中	－	－	－

次に各社の動向を紹介する。

(1) 日本ＴＩ

ＴＩ社は世界で初めてコマーシャルベースの音声合成ＬＳＩを完成し，語学練習機“スピークアンドスペル”（図３－６）を発売し大きな関心を呼んだ。その後音声付電訳機なども発売したが，ＬＳＩ自体の販売も行ない大きな実績を持っている。当初，通信機器と自動車に限定販売していたＬＳＩも販路を拡大し，東京青山にスピーチセンタを開設した。システムにＬＰＣ合成チップＴＭＳ 5100と４ビットシングルチップマイクロコンピュータとＲＯＭの３チップ構成である。128Ｋビットの ＲＯＭ を用いた場合１分半の音声が格納できる。

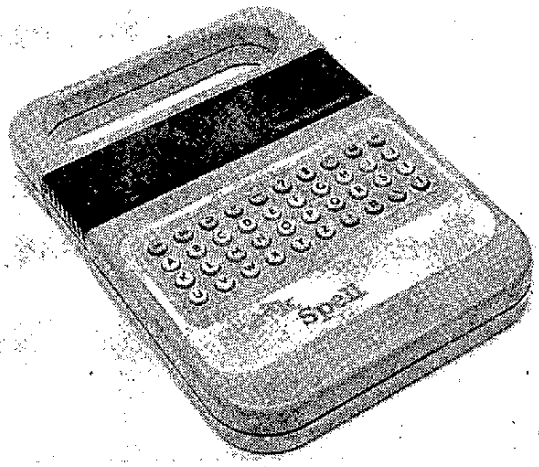


図３－６　スピークアンドスペル（ＴＩ社）

(2) 松下電子

シングルチップ音声合成ＬＳＩ　ＭＮ 6401を発売している。また標準音声ライブラリの提供と音声合成ボードＮＢ 1000シリーズの提供も行っている。MN 6401は音源を２種内蔵していて，女声・男声あるいは声と機械音を組合せて合成できる。このチップは32Ｋビットの ＲＯＭを内蔵しており約20秒の音声を格納でき，最大63語に分割できる。民生応用として時計，電卓，来客案内など，産業応用として自動販売機，エレベータ／エスカレ

ータ，自動車，防犯・防災，安全警報，事務機などがある。

(3) 日本電気

音声合成用ＬＳＩを５機種一挙に商品化して市場に参入した。これは，再生音声の品質・開発期間・価格など幅広い要求に対処するためである。μＰＤ7751は「適応差分圧縮方式」を採用する録音再生方式で，自然性の良い音声が得られ，符号化が簡単なので開発期間が短いがビットレートは大きい。μＰＤ7752はホルマント合成方式を採用するものでビットレート2.4 Kbit／secのとき内蔵する32KビットのＲＯＭで約13秒の合成音が得られる。μＰＤ1770シリーズは音素片合成方式による低価格ＬＳＩで３種類ある。内蔵ＲＯＭが各々８Ｋ，４Ｋビットのμ ＰＤ1771，μＰＤ1774，ＲＯＭ外付けの評価用チップμＰＤ1777である。これらの応用として，語学学習機・電子翻訳機・ゲームマシン・自動販売機・電子レンジ・自動車・パーソナルコンピュータなどを見込んでいる。

(4) 三洋電機

ＶＳＹ－100が主製品で，これは標準ＲＯＭが直接結合できる，発声速度が５段階に切換えられる，音声の高低が切換えられるなどの特徴を持つＰＡＲＣＯＲ方式の音声合成ＬＳＩである。応用としてはオーブンレンジ，音声警報装置，自動販売機などがあり，今後事務機器の音声ガイド，教育機器，ゲームなどが有望としている。

(5) シャープ

音声技術センタを設置して推進し，１チップ音声合成ＬＳＩ　LR－3680，－3681を供給している。このチップは波形符号化方式を採用しており内蔵する32KビットのＲＯＭで10～20秒の音声を再生できる。応用製品は電卓・時計・電子レンジ・電訳機などである。

(6) 沖電気

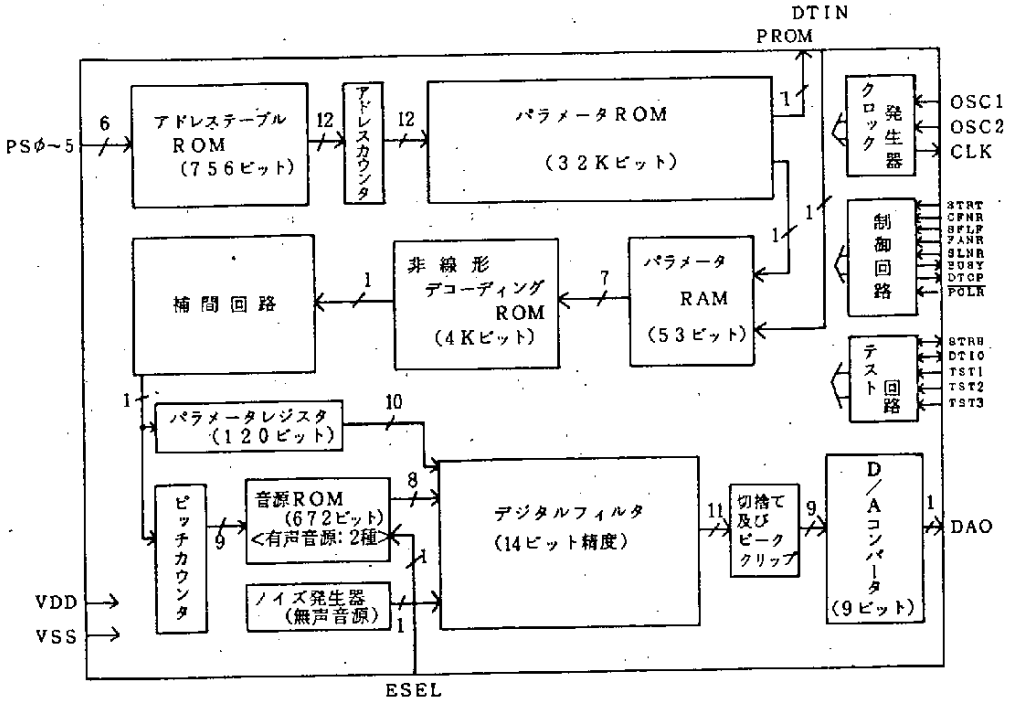
ＡＤＰＣＭ方式を採用したＬＳＩ３機種を供給している。ＭＳＭ6202は144ＫビットのＲＯＭを持っており，時計・自動車・警報装置などに利用

されている。MSM 5218はADPCM音声分析・合成LSIでユーザ自身で音成合成システムを開発することが可能である。エレベータ・コインロッカー・駐車場案内・ゲームなどへの応用がある。MSM 5205はメモリ，オーディオ回路などを外付けするタイプである。

(7) 日　立

音声合成LSI　HD 38880，データROM　HD 38881と制御用マイクロコンピュータによる3チップ構成によるPARCOR合成ユニットを市場に出している。ROMは128Kビットである。そろばん練習機を発声している。

一例として松下のMN 6401について音声合成LSIの構造を説明する。図3－7は構成図である。アドレステーブルRAMはパラメータROMに格納された各音声単語の先頭番地を格納している。パラメータROMはkパラメータ，ピッチ，振幅を格納している。パラメータRAMは1フレーム分の音声パラメータを一時的に格納し，補間計算に使用される。非線形デューディングROMはパラメータRAM内の符号化されたデータを復号する。補間回路は音声パラメータを1フレーム間に2.5 m sec毎に線形補間する。ノイズ発生器では13段のフィードバックカウンタの出力1ビットを無声音源の符号ビットとし，振幅は一定値を出力する。音源ROMは有声音源としての代表値を2種蓄える。ピッチカウンタは音源ROMの読出し回数を制御する。ディジタルフィルタは，2掛算法を採用し，図3－8の様な10段ラティスフィルタとしている。乗算器は，並列乗算器でブースの2次アルゴリズムに基く4段パイプラインで10ビット×14ビット構成である。具体的には図3－9に示す構成となっている。LSIは表3－3に示す諸元を持ち，32Kビットパラメータ ROMと2音源を持つことが大きな特徴である。



記　号	内　　容	記　号	内　　容
VSS	負電源	PROM	パラメータROMシリアル出力
OSC1	発振端子	CLK	200kHz 同期信号
OSC2		DTIN	外部ROMデータ入力
ESEL	2種類の音源ROMの選択切換	DTCP	外部ROMデータリクエスト信号
CFNF	チャタリングフリ有／無	PSφ	句選択信号
STRT	合成開始信号	PS1	
BUSY	合成中であることを示す信号	PS2	
PCLR	電源投入時の内部信号クリア	PS3	
DAO	D／Aコンバータ出力	PS4	
TST1	テストモード選択信号	PS5	
TST2		FANR	スピーカ切換（速）
TST3		SLNR	スピード切換（遅）
DTIO	シリアルデータ入出力	SFLF	10ms/20ms フレーム切換
STRB	シリアルデータ同期信号	VDD	正電源

図3－7　音声合成LSI　MN 6401の構成

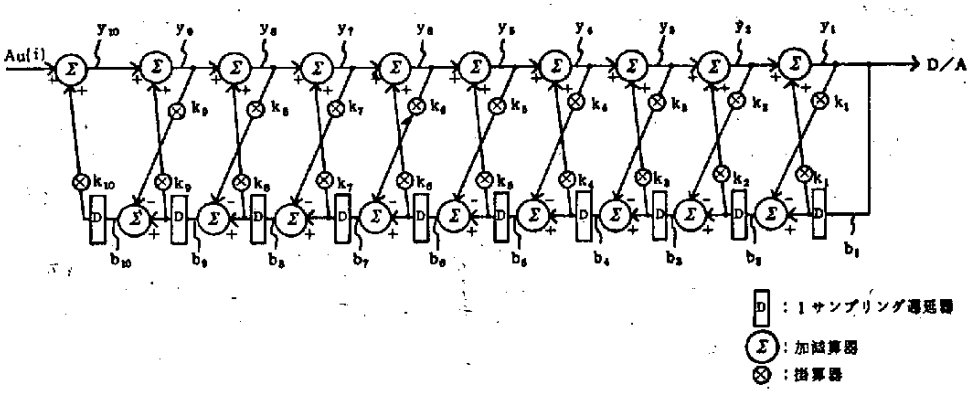


図3－8　2掛算型10段ラティスフィルタ

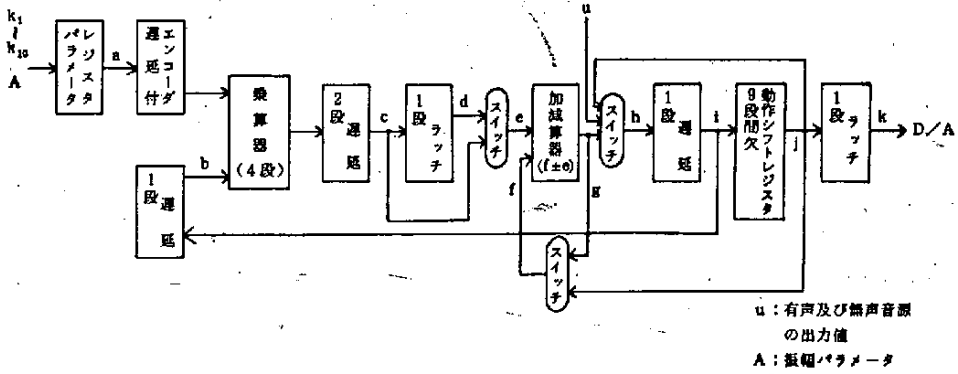


図3－9　ディジタルフィルタの構成

表3－3　MN 6401の主要諸元

項　　目	内　　容
素　子　数	5万3千トランジスタ
電　源　電　圧	5V単一
電　源　電　流	20mA max
端子インタフェース	TTLコンパチブル
D/Aサンプリング周波数	10kHz
D／A出力電流	2.5mA typ.
端　子　数	28ピン
チップサイズ	5.68×5.74㎟
プ　ロ　セ　ス	Nch，SiゲートE／D
発　振　周　波　数	800kHz（CR又は水晶）
基本クロック周波数	200kHz

3.2　音声認識

人間の音声に含まれる情報は図3－10に示される様に言語の持つ意味内容，イントネーションなどの情緒性や発声者の属性に関する個人性である。これらのうち音声信号から意味内容を抽出することを狭義の音声認識，個人性を機械的に抽出して話者を識別することを話者認識と呼んでおり，図3－11の如くこれらを合せて広義の音声認識と呼ぶ。ここでは狭義の音声認識に限定する。

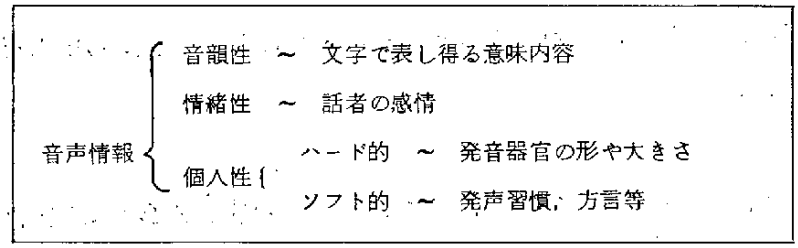


図3－10　音声によって伝達される情報

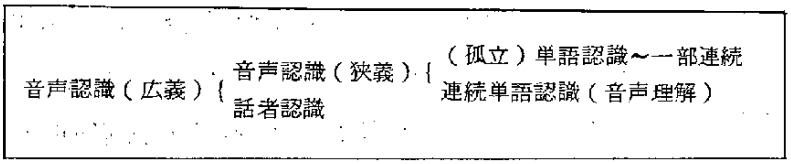


図3－11　音声認識の定義

音声認識はマンマシンインタフェイスの観点から次の諸特性を持っている。

(a)　誰もが容易に準備なしで利用できる。

(b)　機械を意識することなく利用できる。

(c)　入力速度が速い。

(d)　操作に熟練が要らない。

(e)　手足などと独立して使用できるので入力が本来業務と独立して行える。

(f)　操作者の移動可能範囲が広い。

(g) 暗所や視線が固定する所でも利用できる。

(h) データの確認機能とキーパンチの排除により系全体の信頼性が増大する。

また，音声認識は次の様に分類される。

(a) 発声の方法によって

・離散発声　認識単位毎に区切って発声された音声を認識する。

・連続発声　区切りを意識せずに発声された音声を認識する。

(b) 話者への適応によって

・特定話者　予め学習（登録）した話者を対象とする。

・不特定話者　学習を必要としない。

(c) 認識単位によって

・単語　　音声や単語単位で識別する。

・音素　　音韻要素単位に識別する。

これら複雑さの要因と現状は表３－４に示す。

表３－４　音声認識の複雑さの要因と現在のレベル

音声認識の複雑さの要因	易	難	単語認識	連続音声認識
発声法	孤立	連続	大部分孤立，一部連続	連続
話者	特定	不特定	特定（成年男子，女子）	特定（成年男子）
	協力的	非協力的	協力的	協力的
発声環境	周囲騒音小	周囲騒音大	端末室程度	端末室
	マイクロホン	電話機	両方	マイクロホン
	直接入力	電話回線	両方	直接入力
認識対象の限定	有	無	有	有
	単語数		数百語	50～1000
	文法		－	人工的
	タスク依存情報		－	かなり強力

現在実用されているのは単語認識であり，次の3方式が代表的である。

(1) パターンマッチング方式

図3－12に示す構成である。音響分析にフレーム周期（10～20 msec）で標準化し，各標本を特徴ベクトル（10～20個の特徴パラメータセット）の時系列に変換する。標本パタン（単語辞書）は認識語彙を単語単位で特徴ベクトルの系列として予め記憶しておく。標準パタン作成と同様の特徴ベクトルの系列で表現された入力音声パタンを標準パタン群と順次比較し，類似度の最も大きなパタンの単語を認識結果とするものである。この方式は，標準パタンを単語単位で用意するので調音結合の問題を回避でき，話者毎に登録しなおすことで個人差を吸収できる。マッチングの方式は図3－13の各種のものが利用されている。また表3－5は商品化されている認識装置の代表例である。

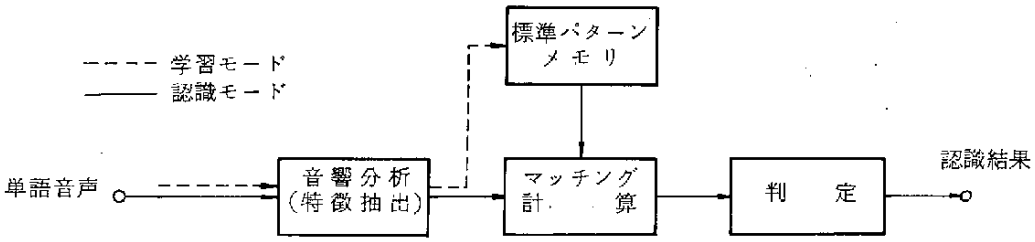


図3－12　パターンマッチングによる方式

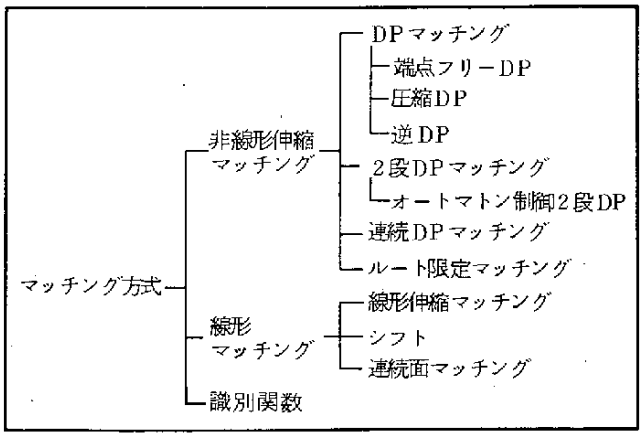


図3－13　マッチング方式の分類

表3－5　発売中の音声認識装置

メーカー名	機種名	話　者	認識語数	発声方法	認識処理方法	価　格
日本電気	DP－200	特　定	50単語 最大500単語	離散発声 又は5単語まで 連続発声	2段DPマッチング	490万円
	SR－100	特　定	120単語 10数字	離散発声 又は 疑似連続発生	最適伸張DPマッチング	49万8000円
	SR－200	特　定	50単語 10数字 68単音節	離散発声 又は 疑似連続発生	単語・数字： DPマッチング， 単音節：不明	318万円
	PC－8012－03	特　定	60単語	離散発声	圧縮DPマッチング	9万8000円
	SR－1101	不特定	4単語	離散発声	パタン・マッチング	400万円
	SR－1201	不特定	16単語	離散発声	識別関数方式	500万円
	SR－1301	不特定	128単語	離散発声	識別関数方式	1500万円
電電公社		不特定	32単語	離散発声	音韻と類似度とDPマッチング	不　明
三洋電機	SRB－32	特　定	32単語	離散発声	線形マッチングと簡単なDPマッチング	17万9500円
Interstate Electronics	μ－VDES	特　定	80単語	離散発声	DPマッチング	245万円 (電源と8Kバイトのマイクロフロッピー含む)
Cantigram Corp	MIKE－111	特　定	99単語	離散発声	不　明	92万3000円

(2) 音韻識別方式

単語音声を基本単位である音韻に分解して音韻識別を実施し，得られた音韻系列から単語を決定する方式で図3－14に示す構成をとる。(1)と同様に特徴ベクトルから，その成分の相対値や多数の話者サンプルから得られた音韻標準パタンを比較して音韻を識別する。ここで得られた音韻列は音韻書換規則などで修正され単語識別部へ移される。単語辞書は単語のローマ字表記から音形規則によって誘導されたもので，各単語は音韻記号列などで表記される。単語認識は予め実験的に求められた音韻間類似度に基いて，音韻認識部で得た音韻系列と単語辞書中の単語との記号レベルでのマッチングを行って，最も類似度の高い単語を認識結果とする。

特に日本語の場合音韻数が少ないので，これらが識別できれば，この方式は大語彙システムへの展開が容易であり，単語辞書の格納に必要なメモリも極めて小さくなること，話者適応型とする場合でも音韻のみの学習でよいので話者の負担が軽くなること，単語辞書の書換えはキーボードから行えること，単語全体としてのパタンよりも音韻パタンの方がバラツキが少ないので不特定話者向きに適していることなどの特徴がある。しかし，言語が異なると音韻構造が異るのでシステムの大幅な変更が必要であること，調音結合の影響が大きいので音韻の切出しに決定的な方法がないなど今後の研究に待つ点もある。表3－6は国内の主な研究状況である。

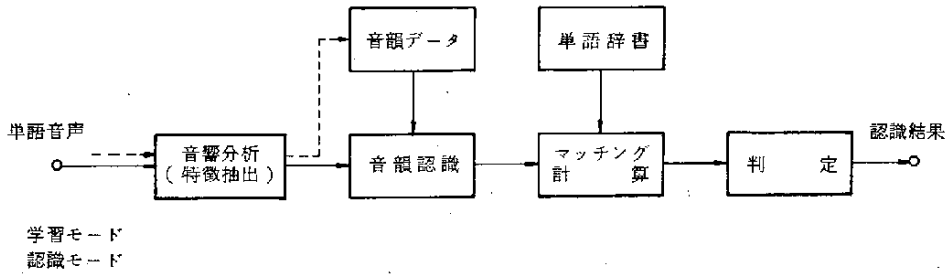


図3－14　音韻認識による方式

表3－6　音韻・音節識別方式の国内研究状況

認識単位			研究機関	認識対象		話者		特徴パラメータ	認識方法	
				認識単位	適用	特定	不特定		母音を先に決定	マッチング法
単音節（CV）	離散発声	音声タイプライタ・音声ワード・プロセッサを志向	日本電気	68単音節	－	○		BPF群出力（20 ch）	○	不明
			東京芝浦電気	68単音節	－	○		BPF群出力（16 ch）	○	逆時間伸縮マッチング
			富士通	68単音節	－	○		BPF群出力（20 ch）		DPマッチング
			北海道大学	68単音節	－	○		BPF群出力（15 ch）	○	線形マッチング
			電電公社横須賀通研	101単音節	－	○		LPCケプストラム係数16次）LPC相関係数	○（フレームごと）	両端点自由のDPマッチング
		大語彙単語認識	電電公社武蔵野通研	101単音節	321単語	○		LPCケプストラム係数（10次）		語頭：シフト・マッチング
			豊橋技術科学大学－京都大学	68単音節	669単語	○		BPF群出力（20 ch）	○	子音部に各種DPマッチング方法を適用して比較
	連続発声	連続文章認識	電子技術総合研究所	110単音節	325語から成る文章	○		声道断面積関数（12セクション）		接続DPマッチング
			シャープ	780のVCVVからCVを認識	連続文章を検討中	○		ケプストラム係数（24次）自己相関係数	○	線形マッチング
VCV			日立製作所	700以上のVCV	文章	○		自己相関係数逆スペクトル係数（10次）	○	連続線形面マッチングと変形連続DPマッチング
音韻（C，V）			電電公社武蔵野通研	128擬音韻	641単語	○	○（数十単語）	LPC相関係数（10次）LPCケプストラム係数（16次）		SPLIT法（DPマッチングを使用）
			豊橋技術科学大学－京都大学松下電器産業	15の音韻や音韻群	32単語		○	BPF群出力（20 ch）		単語：DPマッチング
			電電公社	各音韻16のパタン	最大32単語		○	自己相関係数逆スペクトル係数（10次）		単語：DPマッチング
			富士通研	200個の細分類音種	10数字		○	BPF群出力（13 ch）		単語：DPマッチング

(3) 識別関数方式

単語全体を多次元ベクトルとして表現し，識別関数により多次元パラメータ空間において識別する方法で図3－15に示す構成を採る。この方式では，例えば，20チャネルの周波数分析を10 m sec毎に行うとすれば，長さ500 m secの音声単語は1000次元ベクトルとなり，このままでは計算に莫大な時間を要するので，いかに次元を減らすかということと，多数のデータからいかに有効な識別関数を得るかがポイントとなる。

また音声認識を低価格で提供するためのアプローチがなされている。例えば，インタステート社がシングルチップの認識ＬＳＩを発表している。

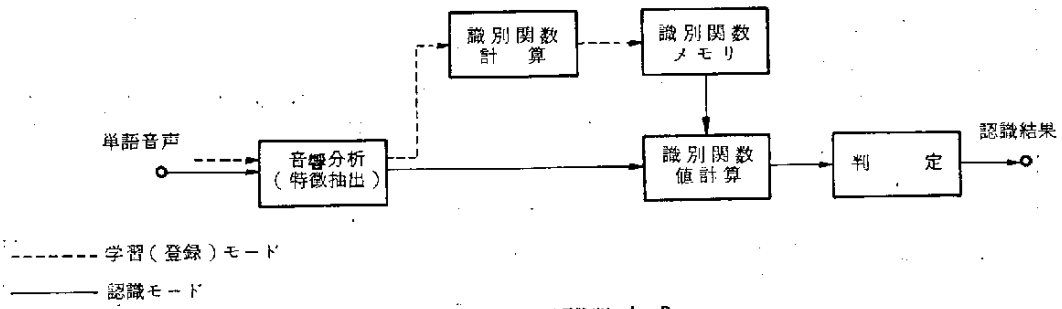


図3－15　識別関数方式

3.3 オンライン漢字認識

データタブレットなど実時間の手書き入力が実用化され，字種の極めて多い漢字を対象としたオンライン漢字認識装置が開発されている。この漢字認識では，

(a) 漢字の画数（ストローク数）や筆順を情報として簡単に利用できる。

(b) 漢字の画数は1～30に及び画数だけでかなりの分類が可能である。

(c) 漢字を構成する要素（基本ストローク）は比較的単純であり，漢字の複雑さはこの組合せに依存している。

(d) 基本ストローク間の相互的位置関係，筆順は筆記者が変ってもかなり安定している。

(e) 漢字の部首などの部分パタンの数は限定されており，これら部分パタン間の位置関係や筆記順序は極めて安定である。

(f) 基本ストロークは手書きでも直線を基本とすることが可能である。

などの手書き漢字の持つ特徴が重要とされている。

識別に先行して平滑化と細め処理，基本ストロークの決定が前処理として行われる。タブレットから得られる筆点座標の系列はペンのブレ，太さ，雑音などのため冗長な座標点を含んでいる。これを除去するため平滑化が行われる。平滑化の後，細めが行われる。基本ストロークは例えば表3－7のように分類されるが，未知入力ストロークをこの基本ストロークに分類するにはストロークの長さ，ストロークの傾斜角度，ストロークの形状などの特徴を用いる方法や各基本ストロークに対応した有限オートマトンを予め構成しておき，未知入力ストロークがどのオートマトンに受理されるかで判定される方法，未知入力系列を標準系列とマッチングを採る方法などがある。識別手順は次の3つに大別されるが，何れもストローク数で大分類することは共通である。

(1) デシジョンツリー方式

基本ストロークの種類と出現順序，基本ストローク系列中に含まれる特定部分系列の種類，基本ストロークの相対位置・長さなどの漢字が持つ特徴を用いて識別論理を構成する方法である。

(2) 記号系列処理方式

未知入力の記号系列を基本ストロークと位置関係を表現する記号からなるストローク系列に変換し，この系列がどの漢字の文法規則から生成されたものであるかを調べる方法である。

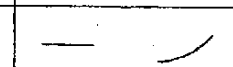
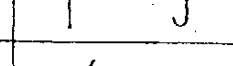
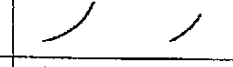
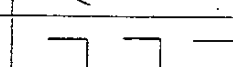
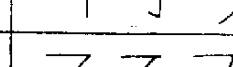
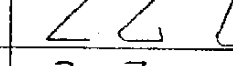
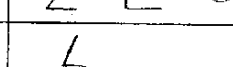
(3) 特徴テーブル参照方式

偏・旁・冠など漢字を構成する部分パタンの特徴（基本ストローク間の結合関係，相対位置関係）と部分パタン間の特徴（相対位置関係，筆順）をテーブル化し，未知入力をこの特徴テーブルを参照して分類する方

法である。

電々公社では，オンライン手書き漢字認識を日本語ワードプロセッサの入力として利用する“ＡＥＳＯＰ”を開発した。これは16㎜角の升目内に楷書で手書きすると99.5％の確度で認識するものである。各ストロークの始端，中間点，終点および画数をパタンとする方式で当用漢字，ひらがなが処理できる。

表３－７　基本ストローク

	種類		形状
基本ストローク	単純ストローク	A	
		B	
		C	
		D	
	複合ストローク	P	
		Q	
		R	
		S	
		T	
		U	
		V	

3.4　対話型入力装置

ＣＲＴの画面に重ねて使用する透明の入力スクリーンがエログラフィック社で開発された。これは指で触れるとその座標が入力できるものでＣＲＴの表示出力と重なっているので極めて自然な会話手段を提供することになる。機能的にはライトペンと同様であるが，ペンそのものを必要とせず指が直接利用できるところに意義がある。ガラスシートに透明な抵抗体をコーティングし，Ｘ，Ｙ方向から交互に電圧を加える。このシートにさらに透明電極が重ねられている。指で触れるとその部分の透明電極が抵抗膜に接触し，接触点の座標に相当する電圧が検出される。

また，ジョイスティックに代るものとして「マウス」がある。これはＣＲＴスクリーン上に表示されているポジションインディケータを机上にあるマウスを移動することによって自由に移動するもので，位置の指示，メニューの選択，図形や文字の移動・回転の指示などが簡単にできる。ジョイスティックとの大きな差違は移動が方向速度とも直接マウスを手で移動させるのだから極めて実感的であることである。

〔参　考　文　献〕

(1)　新美康永：「音声認識」（共立出版）

(2)　市川　熹：「音声の合成と出力」情処誌　19　7（'78）

(3)　千葉成美：「単語音声の認識」　同上

(4)　「文章や大語彙を対象とした音声認識の部分が活発化」日経エレ１／18 '82

(5)　入路度明他：「１チップ音声合成用ＬＳＩ」ＩＭＡＣ '80　予稿集

(6)　三木弼一：「音声合成技術とそのＬＳＩ化」信学誌　64　12　（'81）

(7)　増田　功：「手書き漢字のオンライン機械認識」電学誌　93　11（'73）

以上の他「電波新聞」,「日刊工業新聞」の記事を参考にした。

第4章　ローカルネットワーク

第4章　ローカルネットワーク

4.1　ローカルネットワークの概要

電子計算機と通信との関係はそれ程古いものではない。最初の関わりは米国ダートマス大学（BASIC言語の開発で有名）で行われた無線と電子計算機との結合で，ようやく1960年代に入ってのことである。

しかしながら，電子計算機の発達と通信機能の発達とは，電気信号を扱うという点で軌を一にしており，現在我国を代表する電子計算機メーカは同時に代表的な通信機メーカであり，電子計算機の学会が同時に通信を扱う学会という現状である。

特に電線ないし電信という「物体としての通信」から，情報伝達という「内容としての通信」を考えれば，それは「情報処理」を主業務とする電子計算機と一体化せざるを得ない。

我国電信電話公社のみならず米国AT&Tなどの通信会社が電子計算機の研究開発を積極的に推進し，IBM社のような電子計算機メーカがSNA[注1)] SBS[注2)]といった通信機能を積極的に発表する時代である。

電子計算機を用いた通信は，一般的にネットワーク（network）と呼ばれる。ネットワーク技術は当初，一台の主計算機と複数台の受動的端末とを結ぶ図4－1のような形式で始まった。

これは1960年代末に確立されたタイムシェアリング・サービスを実現した。この形式は星状ネットワーク（star network）と呼ばれる。端末の部分は，工業用途ではプロセスの計測機器であったり，制御機器である。現代においては，単なる表示器であるよりは，マイクロコンピュータを内蔵し自分自身である程度の仕事ができる単位となっている。

1970年代から始まった米国国防総省によるARPAネットワークは，全米

注1)　IBM社の電子計算機がもつ通信用ソフトウェアの代名詞（のようなもの）

注2)　IBM社（及び他の会社）が作った衛星による通信サービス（及びその会社）のこと。

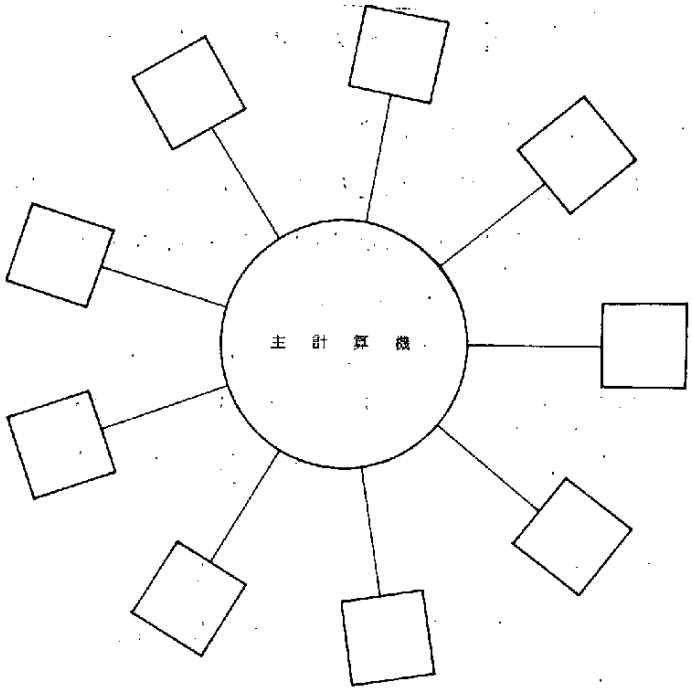


図4－1　主計算機を中心とする星状ネットワーク

の主要大学，主要研究機関の主計算機を結ぶことにより，情報処理ネットワークの新しい局面を開いた。すなわち，

① 計算資源の有効利用（時差を利用）

② ソフトウェアの共有化

③ 電子メイル

といった新しい可能性が開けた。特に電子メイル（Electronic Mail）は，現在オフィスオートメーションの中心的項目の一つとして注目を浴びている。

一方，制御用の電子計算機はその安全性確保の点や計算能力の増強といった観点から，図4－2に見られるようなリング状のネットワーク処理技術を発展させるようになった。

このようなネットワーク技術の推移は，一方ではマイクロ・コンピュータに見られるような計算機価格の低下，もう一方では超大型機の集中利用から

小型機の分散利用という利用形態の変化に支えられて，年々盛んになっている。

ネットワークを大別して，グローバル（大域）ネットワークとローカル（局所）ネットワークとに分ける。

ローカルネットワークは正式には Local Area Network（LAN）と呼ばれ，一般に10㎞以内の計算機間結合をいう。一方大域ネットワークはそれ以上の距離，大体は国内もしくは国外の間のネットワークを指す。

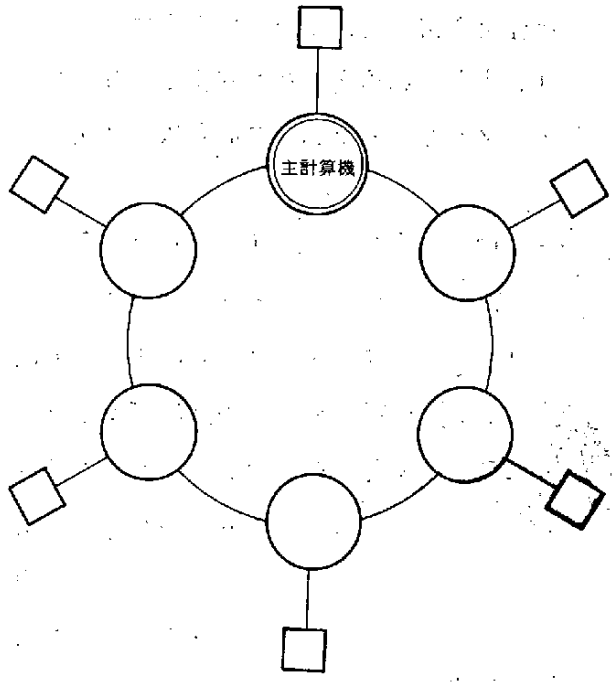


図４－２　リング状ネットワーク

ローカル・ネットワークは情報伝達量として１Mビット／秒以上を扱い，比較的容易に設置，増設ができ，用途が極めて多様に渡るという特色をもつ。

グローバル・ネットワークでは一般に伝達量が100Kビット／秒位であり，設置は（無線の場合を除いて）面倒であり，用途は通信用途にほぼ限定される。

さらにネットワーク提供者としては，ローカル・ネットワークは各企業体であるが，グローバル・ネットワークは国家的機関（国内では電信電話公社）もしくは超一流大企業であるのが実情である。

もっともローカル・ネットワークとグローバル・ネットワークとは相互に関連があり，その境界も決して分明ではない。ローカル・ネットワークが近

年注目を浴びてきている理由の第一は，オフィス・オートメーションに見られるような利用者の意識変化であり，第二にマイクロコンピュータ，ＬＳＩ，ケーブルといった素材の低価格化である。

4.2 高位マイクロプロセッサとローカルネットワーク

32ビット・マイクロ・プロセッサに端的に見られるように高位マイクロ・プロセッサ（高位マイコン）の処理能力は，一部分既存の小型計算機を上回る。しかも価格は従来の小型計算機よりはるかに安価で，システムを組み立てた場合ですら，従来の小型計算機の半分から数分の一といったものになる。まして演算処理機能だけ取り出せば，一桁も二桁も安価なものである。

このような低価格の高位マイコンの出現は，大容量高速の大型計算機を利用していた分野において，マイコンを多数台結合することにより同じ処理を低価格で行うという可能性を与える。まして，オフィス・オートメーションのように超高速の計算機構を必要とせず，多様な用途に多様な形式で応ずるという用途においては，複数台のマイコンによるシステムは，安全性の面からも柔軟性の面からも従来の方式をはるかに上回るものとなる。

複数マイコンによるそのような分散処理システムは具体的にはローカル・ネットワークという形状で実現される。もちろん，全国の支店，営業所にマイコンを設置したグローバル・ネットワークを考えてもよいわけであるが，通信負担が増大して処理能力に限界があるので，実際には図４－３のようなローカル・ネットワークを電々公社の回線で互いに結ぶという形態が考えられるであろう。

マイコン・ローカル・ネットワークは現在の小型，中型計算機の代替品として位置づけられる。単なる代替品で無いのは次のような特色があるからといえる。

① 導入コストが安価である。

② 機能拡張が容易である。

③　信頼性が高い。

④　各種の専門機能を容易に実装できる。

⑤　技術革新に対して追随が容易である。

ごく簡単に以上の特色を説明しよう。

①　導入コストはマイコン単体であれば既に驚異的な値段（数万円程度）に迄下っている。ローカル・ネットワークの導入価格は後に述べるようにシステムによってかなりの差があるが，極く普通の物であればそれ程高価ではない。

②　プロセッサであるマイコンの追加自体に問題はない。ネットワークにマイコンを接続する処理が若干問題となる。ネットワーク・システムに

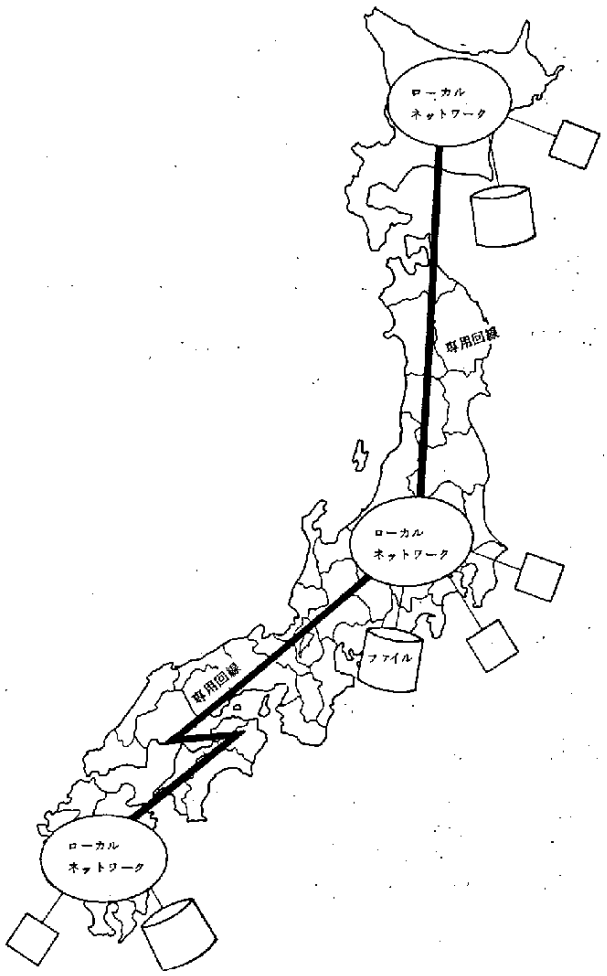


図４－３　ローカル・ネットワークの大域結合

よってこの追加接続性が変わるからである。

③　信頼性は複数プロセッサの強みである。ネットワーク自体の信頼性の問題は，しかし，残っている。どこかで断線しても大丈夫とか，どこかのプロセッサに異常があっても大丈夫かという問題である。

④と⑤はローカルネットワーク（あるいはもっと広く分散処理）の長所である。オフィス・オートメーションやラボラトリ・オートメーションといった用途でローカル・ネットワークが考えられているのは，主としてこの理由による。

4.3　ローカルネットワークシステム

ローカル・ネットワークを実現するシステムは形状や結線や制御などでいくつかの方式に分類される。一般的には形状によるのが便利であろう。

(1)　星　状（ＳＴＡＲ）

図４－１に既に示した。もっと複雑なＡＲＰＡネットのようなものもこの分類に含めることに（ここでは）する。要点は各マイコンの間を何かの線で接続するところにある。（図４－４）

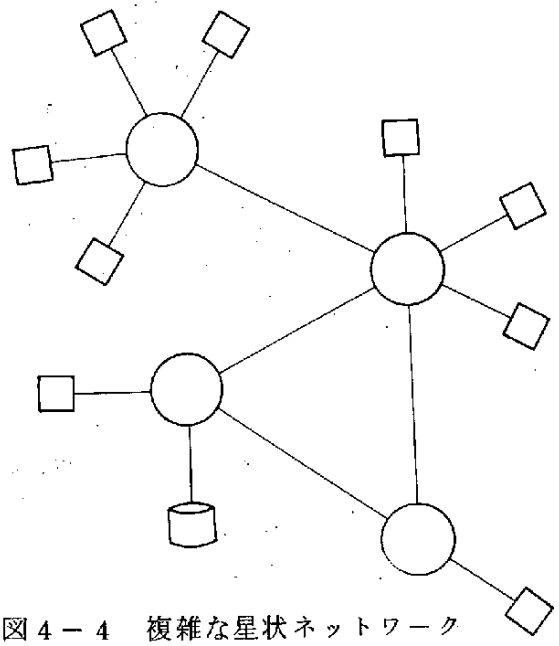


図４－４　複雑な星状ネットワーク

(2) 環状（RING／LOOP）

図4－2に示したように，全体が一本の環で結ばれている。星状に比べると各計算機を結ぶ線の数が少なくてすむという利点がある。また，全員にメッセージを伝えたかどうかの確認が容易である。

(3) 線　上（LINE）

図4－5に示すように，一本の通信線上に複数個のマイコンがぶら下り，各々この一本の通信線上で交飛するという方式である。

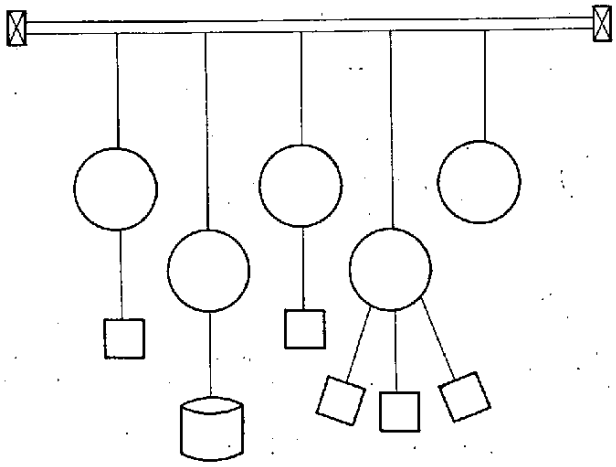


図4－5　線状のネットワーク

この方式は環状の場合と良く似ているが，環状の場合は本質的にマイコンが仲介しないと通信が途絶えるのに対して，この方式では接続されているマイコンを減らしても増やしても本質的に影響の無い点が大きい。現在話題になっているイーサネット（Ethernet）がこれに当る。

結線の材質によって分類すると図4－6のように，一般ケーブル，同軸ケーブル，光ファイバーケーブル，電波の4種類に分けられる。

制御による分類では，ある時点でどこかのマイコンが主制御を握るもの（星状や環状）と，各マイコンが全く対等であるもの（線状）とがある。

さらに細かく分類すれば，通信の手順（プロトコルと呼ぶ）とか，アクセス権の方式だとか各種の分類があるが，まずは星状，環状，線状で分類して説明す

る。

	形　状	価　格	施　設	雑　音	伝送距離	容　量
一般ケーブル（ツイスト線など）		安　い	楽	入り安いので問題	短かい（数百m）	小
同軸ケーブル		普　通	普　通（大容量は大変）	電圧磁場の影響を受ける	普　通（数kmまで）	普　通
光ファイバーケーブル		高　価（将来は安くなる）	同軸ケーブルより楽	な　し	長距離可能（減衰が少ない）	大
電　　波		非常に高価	不　要（ただし，届かない所がある）	な　し	長距離可能（減衰がある）	減衰などがあり事実上大きくない

図4－6　結線の材質による分類

4.3.1　星状ローカルネットワーク

星状のローカル・ネットワークはマイコンとマイコンを直接結線する方式なので，点点型（point－to－point）とも呼ぶ。

例としてはRS－232Cシリアル・インタフェイスを用いたCP／NET[TM注)]などが挙げられる。CP／NETのような8ビット・マイコン間のネットワークでは，一般的なケーブル（フラット・ケーブルなど）を用いて，ほぼ無手順に近い形で通信する。形態としては，大型機の仮想端末としてマイコンを

注）　CP／NETは，Digital Research社の登録商標

用いていたのに近い。

CP／NETなどは複数台のマイコンさえあれば，数万円のケーブルで順次接続していくことができる。星状ローカル・ネットワークのとっつき易さである。

CP／NETなどと対照的に巨額の設備投資を要するものもある。例えば総合交換機ネットワークの特徴は当初からデジタル情報以外のアナログ情報を電信音声，ファクシミリ図形という形態で扱える点にある。

いわゆるオフィス・オートメーション的な応用分解においては（特に国内の結合），扱うデータをデジタル化するために多大の労力を要するので，CP／NETのような計算機上のデジタル情報しか扱えないものよりは，この結合交換機の方がはるかに使い良い。まったく新規に設置するのは大変であるが，たいていの事業所においては構内に電話交換機があるので，その更新とすれば，そう巨額の投資とはならない。

大型計算機センタを介したマイコン・ネットワークなども形態としては統合交換機ネットワークに近い。

4.3.2 環状ローカルネットワーク

環状のネットワークはその形状からring-networkとも loop-network とも呼ばれている。

環状ネットワークは星状ネットワークに比べると次のような利点をもつ。

① 設置ステーションに比べてネットワークの総延長距離が短く，全体として安価になる。

② 環状の1点を出発した情報は，各ステーションを伝わって最終的に発信ステーションに戻ってくるので，情報が確実に伝わったかどうかを容易に確認できる。

③ 情報が常に同じ経路を通るので，故障の検出が速やかにできる。

以上の利点により，環状ネットワークは比較的早い時期から工業制御方面

で利用されてきた。

高位マイコンとの関わりとしては，現在ミニコンが制御している環状ネットワークの制御が（32ビットを中心とする）高位マイコンに置き換えられると予想されている。

環状ネットワークの欠点は，

① 初期設置費が星状ネットワークに比べて高価となる。

② 次に述べる線状ネットワークに比べて，拡張性，安定性に欠ける。

という二点が挙げられている。

従って，高位マイコンの新応用分野としてのＯＡやＬＡにおいては，拡張性，安定性の問題から環状ネットワークは今一歩人気が出ていない。

ただし，環状ネットワークにもCSMA／CDのデータリンク制御手順を入れて，拡張性や安定性を強化しようとする動きもある。

4.3.3 線上ローカルネットワーク

線状ネットワークは一本の線上に各ワークステーションがぶら下るという構成をとっている。

この形状は，電子計算機のバス上に各機器がぶら下った場合と同形なので，バス・ネットワークと呼ばれることもある。

電子計算機のバスは昔から使われていたのだが，従来はバス上に機器を接続する場合，電子計算機のシステム内のバス・アドレスをいじらねばならなかった。しかも，各機器は電子計算機のＣＰＵに対して受動的であった。

そのため，バス・ネットワークはネットワーク方式として余り注目を浴びていなかったが，後述のEthernet が出現して状況が一変した。

バスに能動的なステーションが接続されると，メッセージのやりとりが正常に行なわれたかどうかの確認が非常に面倒になる。同時に複数のステーションがデータを送信していない。受信側が処理できなくなるからである。

Ethernetはこれに対して，broadcasting（放送方式）という方式を用い，

複数のステーションが放送を開始した場合はただちに全員が放送を取り止め，ある乱数に従って順次放送を再開するいう単純な方法で巧妙にこの問題を解決している。

(1) Ethernet（イーサネット）

Ethernetは19世紀物理学で話題になったエーテル（ether）を名前の一部としているように，元の着想は無線（エーテルとは真空中に充満した電波などの伝搬物質だと考えられていた。）を用いたALOHAネットワークによる。

Ethernetの通信手法は,同軸ケーブルで結ばれた各ステーションへの放送（broadcasting）である。放送の最大の問題点は複数のマイコンが同時に放送を開始してしまうことである。Ethernet 以前は優先権などの処理で放送の衝突（collisionと呼ぶ）を事前に回避するように考えていた。ALOHAでは衝突確率は少ないので無視することができた。

Ethernetでは同軸ケーブルを使っているという双方向性伝達の利点を利用し，送信時に信号を受信して衝突発生を検知すると，ただちに放送中の各マイコンが発信を停止し，各自乱数による待ち時間を経過して再度発信を回避する。

このように衝突の可能性を積極的に認め，乱数発生という簡単なメカニズムで事実上混信の問題を解決した点にEthernetの特徴がある。

この放送方式のもう一つの利点は，マイコンの台数に（概念的な）制限を加える必要のないことである。この付加性は物理的にも図4－7のような針付きのトランシーバという形で実現されている。

同軸ケーブルの途中に穴を開けてトランシーバをさし込めば通信ができるというのは，まるで電気のコンセントのような感覚でローカル・ネットワークを使えるということを意味する。

回路的には図4－8のような構成になっており，過度の電圧を出さないような保護回路や接地電位差を保護するアイソレータが入っている。

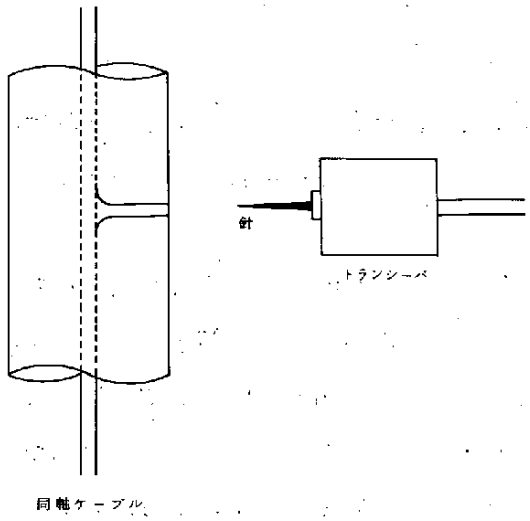


図4－7　Ethernetのトランシーバ

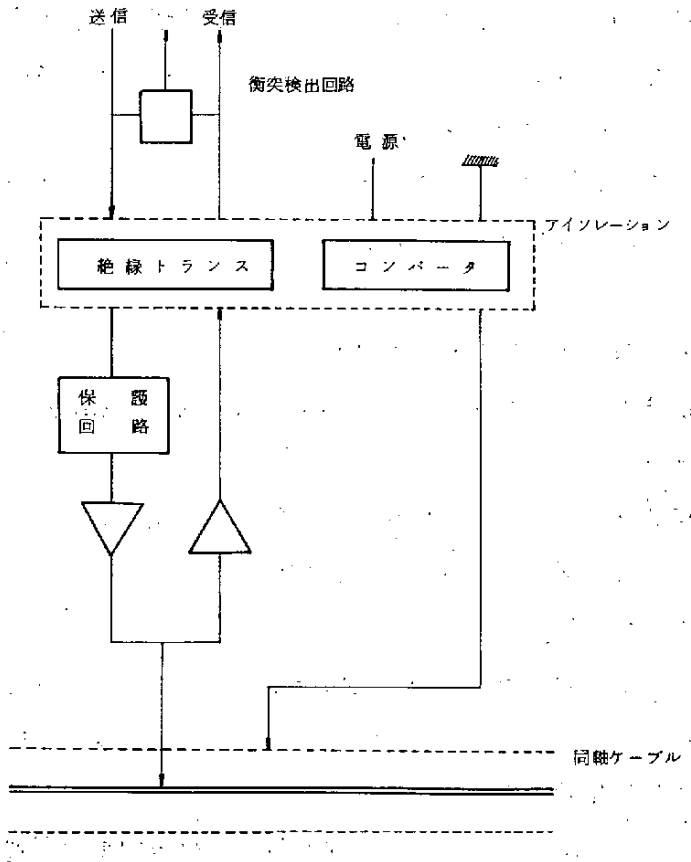


図4－8　Ethernetトランシーバの回路例

Ethernetは米国XEROX社のパロ・アルト研究所で最初に開発されたが，その後XEROX社がミニコンのトップメーカDEC（Digital Equipment Corporation）社，半導体トップのIntel社と共同でEthernetの開発を行うことを発表し，積極的に特許を開放したために，ローカル・ネットワークの中心的存在として脚光を浴びた。

上記3社の分担はIntel社がEthernetのコントロール用LSIボードを作り，DEC社がミニコンを提供し，XEROX社がケーブル，ワークステーション，プリンタなどの周辺装置を提供するというものであったが，実際には3社ともかなり競合的に開発を行っている模様である。

Ethernetが特徴とした放送／衝突検知はCSMA／CD（Carrier Sense Multiple-Accese／Collision Defection）と略称され，星状および環状のネットワークでもこの方式を勘案したものが出現しそうである。

Ethernetの細かい方式（ケーブルの素材，通信手順など）は3社の意図とは裏腹に，その後Ethernet様のローカル・ネットワークが提案されるにつれ，欠点も明らかにされつつある。特にIEEE案の出現によって，Ethernetが当初考えられていた様な業界標準になるかどうかは危ぶまれるようになった。

ともかく素材が光ファイバになり，通信手順がよりよいものに置き換えられると，ローカル・ネットワークをここまで推進したEthernetの貢献は無視できない。

(2) 国内におけるEthernet

現在各大手メーカはEthernetの研究開発を積極的に進めている模様であるが，まだ具体的な製品発表には至っていない。

ラオックスシステムズという会社がラオックスネットという廉価版の，Ethernetを販売している。

仕様は次のようなもので，アダプタの価格が約35万円といわれている。

ラオックスネットの主要規格

データ伝送速度	1Mビット／秒
最大距離	2 km
最大ステーション数	255
通信ケーブル	同軸ケーブル（5D2V）
ネットワーク構造	コモンバス方式
データリンク制御手順	CSMA／CD
メッセージ長	可変長
アダプタインタフェイス	RS－232C（110～19,600 BPS）
	GP－IB（IEEE－488）
	パラレルI／O
使用温度範囲	0℃～40℃
アダプタ電源	100V 0.5A

同軸ケーブルも5D2Vという安価なものを用い，伝送速度もEthernetの公称10Mビット／秒を一桁下回る1Mビット／秒となっている。

高性能性だけでなく，このような安価さを追求したEthernet 的なものもこれからますます開発されていくであろう。

4.4 ローカルネットワークと公衆網の接続

4.4.1 ローカルネットワークと公衆網接続の必要性

ローカルネットワークはその名が示すように，当初は単に地域的に閉じた網であるが，その普及とともに，ローカルネットワーク相互を接続する形で地域的な広がりを求めるようになる。その第一ステップは，同一企業体のローカルネット間の接続である。この接続形態では，ローカルネット相互間を接続するのに専用線を用いることも可能である。しかし，トラヒック量から見れば，ローカルネット間を渡るものはローカルネット内に閉じるものに比べ，極めて少ないと考えられるので，接続回線としては必然的に専用線より

も公衆網が求められることになろう。

第二ステップは異種の複数ローカルネット間の接続である。系列企業等の特定企業のローカルネット間の接続から始まり，次第に不特定の企業ローカルネット相互間の接続に発展するものと考えられる。

第三のステップは，ローカルネットとローカルネット以外の端末との，不特定相互間の接続形態である。例えば将来，在宅勤務が実施されるようになれば，企業のローカルネットとサラリーマンの宅内におかれたワードプロセッサ等の端末との間の通信が不可欠となる。

第二，第三のステップでは，不特定相互間の通信形態となることから，接続回線として専用線を使用することは極めて困難である。

4.4.2 公衆網の選択

(1) 現状の公衆網

現在，我国の公衆網は電話網，加入電信網，DDX回線交換網，DDXパケット交換網の4種類である。

このうち，電話網及び加入電信網はアナログ網であり，元来がそれぞれ4 KHzの音声通信，50 b/sのテレックス通信用に設計されているため，これらにローカルネットを接続して高速のディジタル信号を伝送する場合は，伝送速度や品質面で大きな制約を受ける。

これに対し，比較的最近，それぞれ回線交換サービス，パケット交換サービスとしてサービスを開始したDDX回線交換網，DDXパケット交換網は，データ通信を中心として発展してきたディジタル信号伝送の需要に対し，経済的，効率的なネットワークを提供することを目的として，ディジタル技術を基礎に新しく開発されたものであり，現状ではローカルネットを接続するのに最も適した公衆網である。

DDX回線交換網，DDXパケット交換網は，CCITT（国際電信電話諮問委員会）が公衆データ網の標準として規定したXシリーズ勧告に基づ

いている。Xシリーズ勧告は既に多数の国に支持され，多くのコンピュータメーカがXシリーズ勧告に従う製品を準備している。従って，ローカルネットがDDX回線交換網，あるいはDDXパケット交換網と接続するとき，ローカルネット内のプロトコルを，DDX回線交換網，DDXパケット交換網のインタフェイスに変換することは比較的容易である。図4－9に，現状において想定されるローカルネットワークとDDX回線交換網，DDXパケット交換網との接続の概念を示す。

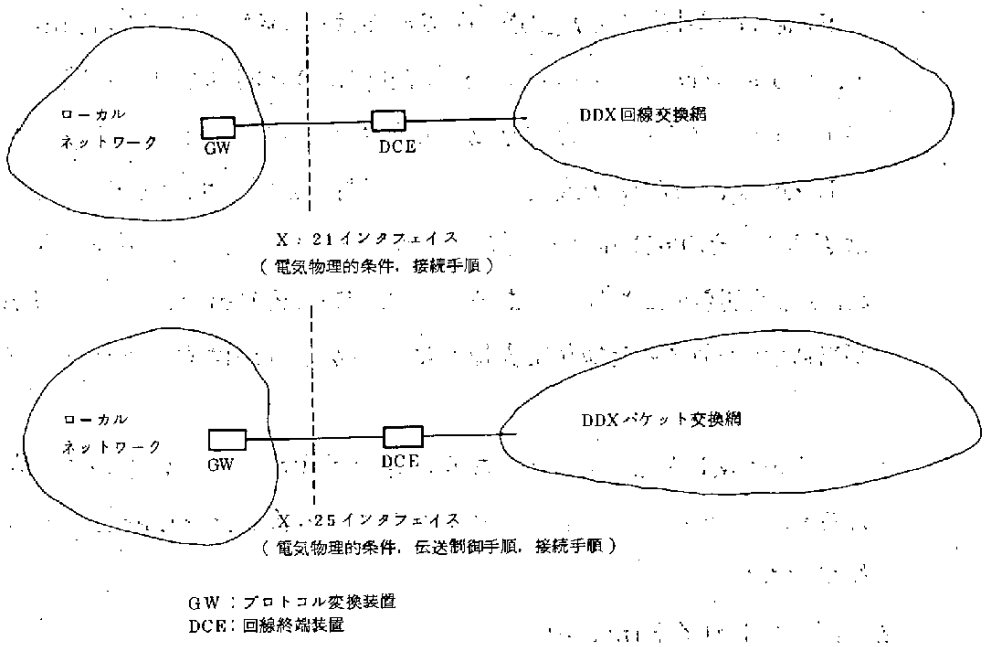


図4－9　ローカルネットワークとDDX回線交換網，DDXパケット交換網との接続の概念

(2) 公衆網の発展

DDX回線交換網やDDXパケット交換網で実証されたディジタル網技術は，今後他の公衆網にも広範に適用され，究極的に公衆網は，光ファイバや通信衛星も構成要素とした一つのディジタル網に統合される。CCITTではこのような網形態をISDN（Integrated Services Digital Network）と定義し，既にこれを実現するために必要な標準の研究に着手している。

現在CCITTのISDNに関する標準化活動において中心的課題となっているのは，ISDNと加入者装置間のインタフェイスである。図4－10に加入者アクセス系の構成モデルを示す。図中，S点またはT点が加入者とISDNのインタフェイス点である。T点はプロトコルの終端切替を加入者端末側に限定するインタフェイスであり，S点はこれをISDN側でも可能

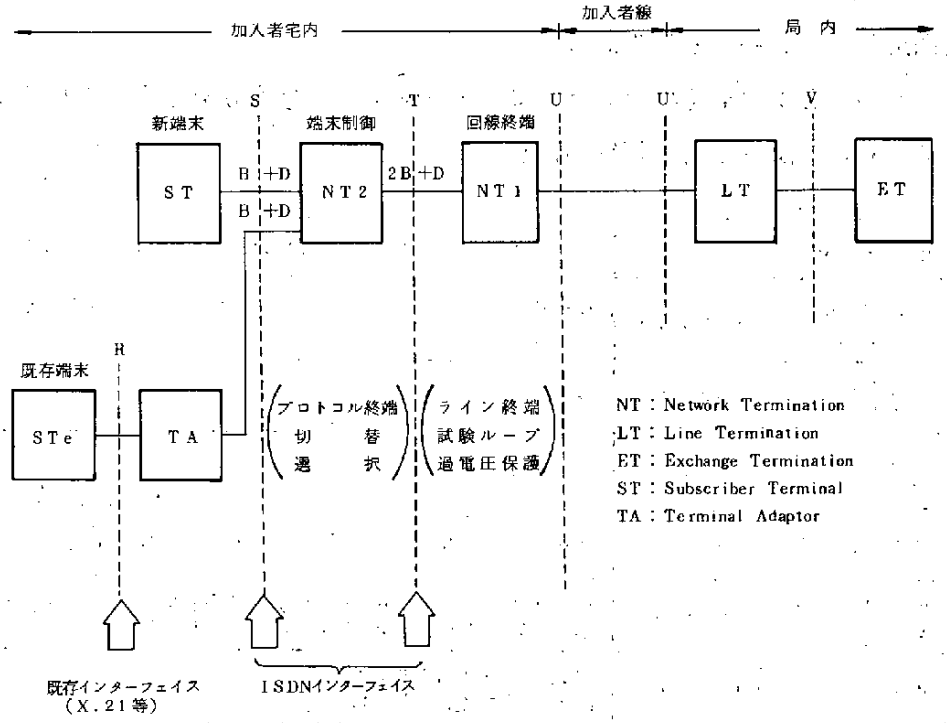


図4－10　ISDN加入者アクセス系モデル

とするインタフェイスである。

またB，Dはチャネルのタイプを表わし，Bは利用者通信用ディジタルチャネル（64Kb／sまたは8Kb／s）を，Dは信号転送チャネルを意味している。加入者アクセスの基本的形態は，B＋D，またはB＋B＋Dであるが，この他Bチャネルを複数用いる広帯域アクセスやPBXアクセスの形式も想定されている。

CCITTのISDN加入者アクセスの検討は，まだローカルネットワークを明確に意識したものとはなっていないが，いずれ上記の広帯域アクセス，あるいはPBXアクセスの具体的応用形態として，ローカルネットワークを対象に加えるようになっていくものと考えられる。事実，1981年12月にジュネーブで開催されたCCITT，第7研究委員会のISDNと既存データ端末のインタフェイスに関する会議において，ローカルネットワークとISDNのネットワークレベル（プロトコルの階層化モデルにおけるレベル3）における変換方法，及びローカルネットワークとその構成ノードに対するアドレス付与方法について問題提起があり，今後ISOのローカルネットワーク標準化作業と密接に連携しながら具体的検討を進めていくことが決定されている。

4.4.3 公衆網に必要となる技術的条件

ローカルネットワークは本来，企業内のデータ通信，ファクシミリ通信，あるいは音声通信をディジタル技術により統合し，経済的，効率的なシステムを構成しようとするものである。この狙いは，公衆網側のISDNと全く軌を一にするものであり，この意味から将来における公衆網は，ローカルネットワークと大きな親和性を持つ。

しかしながら，公衆網，ローカルネットワークともこれから発展していくものであり，ローカルネットワークと公衆網の接続技術も時間の経過とともに高度化していくものと考えられる。これを概観すれば以下のとおりで

ある。

まず，同一企業体のローカルネットワーク相互間を接続するだけの段階では，ローカルネットワーク同志の伝送速度，プロトコル，符号化方式等は一致しているという特徴がある。従って公衆網は単にディジタル伝送路を提供すれば良い段階であり，図4－7のDDX回線交換網，DDXパケット交換網で接続する場合もこの例に属する。この段階では，ローカルネットワーク内の伝送速度と公衆網アクセス速度との変換，ローカルネットワーク内のサブアドレスの指定，等をローカルネットワークの側で行う必要がある。

次に異なる企業のローカルネットワーク相互間を接続する段階では，ローカルネットワークの伝送速度，プロトコル，符号化方式は一致しないことを想定する必要があり，従って公衆網側から仮想的なローカルネットワークのインタフェイスを定め，ローカルネットワーク側がこれに変換するような対処方法が必要となる。

また，この仮想インタフェイスの中には，ローカルネットワークと公衆網内のレベル3における変換方法，及びローカルネットワーク内のサブアドレス指定方法を含んでいる。

ローカルネットワークが更に進歩し，ローカルネットワーク相互間のみならず，複数の任意の端末とローカルネットワーク間で通信する段階では，公衆網の役割は更に大きくなる。この段階に至るとローカルネットワークはデータ情報だけでなく音声信号や映像信号などの実時間情報をも扱うようになると想定される。従って公衆網側は，対象となる端末ごとに仮想インタフェイスを定め，ローカルネットワークならびに異種端末間のプロトコル変換を行うとともに，データ情報と実時間情報を意識した制御を行うことも必要になると考えられる。

4.5 標準化

Ethernetが刺激になって各社がより良い，より安価なローカルネットワー

クを開発し商品化したため，利用者側からはローカル・ネットワークの標準化を望む声が強くなった。XEROX，DEC，Intelの三社のEthernet開発，特許公開は事実上の標準化を目指したものではあったが，現状はむしろ混迷の度合を深めている。

ユーザ側にとってはネットワークの形状，結線の素材はそれ程大問題ではなく，最大延長距離，最大伝送速度，最大接続マイコン数などとともに，その時，その場での最も価格効率比の良いシステムにしたいというのが本音であろう。

その意味で問題になるのは，マイコンや入出力機器，ファイル機器などのハードウェア的なインタフェイスとソフトウェア的なインタフェイスである。

国連の下部機関であるＩＳＯ（国際標準化機構）ではＯＳＩ（Open Systems Interface）と呼ばれる７層の通信手順（プロトコル）を提案した。これは図４－11のように物理レベルから応用レベルまで階層化し各層で標準化を推進しようというものである。

このＯＳＩは全く異なる計算機やネットワークをも統合しようという試みで，利用者から多大な期待が寄せられている。

応用レベル　（レベル７）	電子メイル，ワード・プロセシングなどの応用を定める領域
プレゼンテーションレベル（レベル６）	仮想端末，ファイル転送，ジョブ転送など基本的な処理手順を定める。
セッション・レベル　（レベル５）	各種のデータ転送手順を定める。
トランスポートレベル（レベル４）	基本的なデータ転送手順
ネットワーク・レベル（レベル３）	ネットワーク間のルート化，メッセージ交換手順を定める
データ・リンクレベル（レベル２）	システム間のデータ伝送，誤り制御手順を定める。既存の標準化案としてはHDLCやX 25 レベル２などがある。
物理レベル　（レベル１）	電気的，機械的条件を定める。 例としてはX.21，V.24，V.25 など

図４－11　ＩＳＯとＯＳＩの概要

一方，Ethernet後，続々と現われたCSMA／CD方式のデータ転送手順（OSIのデータリンクレベルと対応づけられる）は，各社各様の案が提出されていたが，最近IEEEの規格案が発表され，注目されている。

IEEE案は図4－12のようになっていて，データ表に実質的な制限の無い点が特徴である。信号伝搬の基礎技術が素材と共に革新的に変化しつつある現状では将来は極めて大量のデータ伝送が高速に処理されると見られているので魅力的である。

ローカルネットワークは大域ネットワークと切り離されて議論されてきたが，標準化という意味では前節に解説した大域ネットワークとの関係が無視できない要素となる。

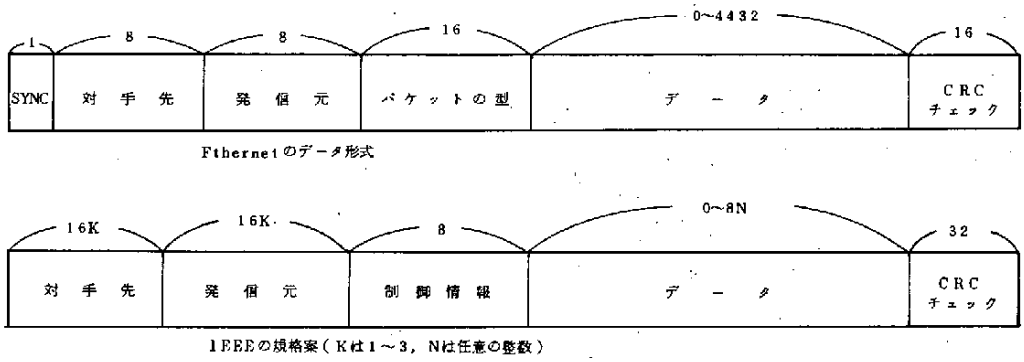


図4－12　EthernetとIEEEのデータ転送手順

4.6　将来の見通し

ローカル・ネットワークがマイコン技術と共にこれからの情報処理技術の中核をなすことは誰しも疑いをはさまない。特にオフィスオートメーションのような多様化した情報処理システムは，マイコンとローカル・ネットワークによって始めて実現されるといっても過言ではない。

日本の通信技術は日本電信電話公社の指導下で今日世界一の技術力を誇る

に至っている。単純に考えればローカル・ネットワークは我国の独占的市場となりそうなのであるが，現実にはEthernetを始め米国企業にリードされてしまっている。

これは日本の利用者層の意識変革の遅れによるものが大きいであろう。ワードプロセッサが国内で本格的に使われ出したのは，この1，2年であるし，オフィス業務へのマイコン適用もつい最近のことである。

しかし，音声技術をはじめ国内の基礎技術は十分成熟してきているので，日本におけるローカル・ネットワークの将来像は極めて明るいものとなる。後発の利点を活かして，米国内で問題になっている標準化の問題を，電々公社の大域ネットワークと結びつけて乗り越えることができれば，米国に追いつき追い抜くことも夢ではあるまい。

参考文献

・ローカル・ネットワークの全体像を摑む上で参考になるもの。

山鳥雄嗣：「次は『デパートメンタル情報システム』の時代」，コンピュートピア，1981年11月号　p.76－81.

桑原啓治：「近づく普及期を前に商用化が活発なローカル・ネットワーク」，日経エレクトロニクス，1981年7月6日号，p.110－120.

・以下の2編は上と同じく全体的な解説だが英文である。若干時期が早いが，紹介内容は上二編より多岐にわたっている。

Ken Hardwick and William Federbusch, "Local networking: The missing link emerges", Data Communications, July 1980, pp.81-89

anonymous, "IN YOUR FUTURE LOCAL COMPUTER NETWORKS", EDP ANALYZER, vol 18, No,6, June, 1980, pp.1-13

・Ethernetについては次の論文がいわばオリジナルである。

R.M.Metcalfe and D.R.Bogge, "Ethernet: Distributed packet switching for local computer networks", Communications of the

ACM July 1976, pp.395 - 403.

・各社ともローカル・ネットワークを発表しているが，日本文で最近紹介されたものとしては，次のようなものがある。

バス，ケネディ，ダビドソン，「柔軟性を重視した分数処理用の汎用ローカル・ネットワーク」，日経エレクトロニクス，1981年3月16日号，pp.173 -193.

（Net／Oneの解説記事）

ストリッタ，シャスラック，「パーソナルコンピュータを結ぶ8ビット並列伝送方式ローカル・ネットワーク」，日経エレクトロニクス，1981年9月28日号，p.187 - 198.（Cluster／Oneの解説記事）

・国内では慶応大学，早稲田大学，東京大学などでEthernet の改良案が提案されている。

情報処理学会，電気通信学会などで発表されている。

・標準化について最近の動向を紹介したもの。

anonymous, " Local-net action stops up as IEEE makes gains ", Data Communications, Nobember 1980, pp.31 - 36

第５章　知的技術環境におけるシステム化技術

第5章　知的技術環境におけるシステム化技術

1971年にインテル社により1チップCPUの名称で発表されたI 4004（PMOS，4ビット）をマイクロプロセッサのルーツにして，LSI技術の長足の進歩はマイクロプロセッサの高機能化，大規模化，多様化を促し，1チップマイコン，16ビットのスーパーマイコンと称されるものも出現させた。今日ではVLSI技術によって32ビットのマイクロコンピュータも数種発表され，特にインテル社の32ビットマイコンiAPX 432はマイクロメインフレームと称され，並みの汎用中型コンピュータ以上の性能を有し，新しいシステム構築の期待が大きい。

そこで本章では，32ビットマイクロプロセッサに代表されるVLSI技術がもたらすシステムのインパクトについて概観してみたい。

5.1　情報処理の知的環境

マイコンのもつ特筆すべき特徴は，人工知能論理素子として機械の中に組込むことによってこれまで固定あるいは半固定であった制御メカニズムの自由度があがり，操作手順も単純化でき，機械により知的な機能を賦与できることである。さらに，マイコンの性能向上は，それだけ機械の知能指数を高めることになり，それによって，従来の機械やシステムの限界を超える新しい機械やシステムの可能性を引き出すことが期待できる。

もう一つの特徴は，各自が手軽に使えるパーソナルコンピュータとしてコンピュータ機能の個人利用への提供である。パーソナルコンピュータは，オフィスオートメーション（OA）やホームオートメーション（HA）の中心機器として，あるいはあくまでもパーソナルとしての知的活動のための道具としてクローズアップされ，情報化社会の高度化に大きく貢献するとともに，人間の知的活動をより促進し，創造性を大きく拡げることになろう。

5.1.1　人間・コンピュータ・機械

科学技術の発達によって人間の使う道具や機械は，工夫や発明，発見によって改善，改良を重ね，あるいは新しい機械を生み出し，人間によりよい利便性をもたらしてきた。

オートメーション技術によって，機械の利便性は「自動」という言葉で代表され，あらゆる機械の自動化が試みられた。自動化のための制御技術にコンピュータが応用され，コンピュータコントロールは特に生産現場の工作機械や加工プロセス等に普及し，ＣＮＣ，ＤＰＣというような術語を生み出した。今日ではオートメーションといえば，コンピュータなくして語れない。オフィスオートメーション（ＯＡ），ファクトリーオートメーション（ＦＡ）ラボラトリーオートメーション，ホスピタルオートメーション，デザインオートメーション，ビークルオートメーション等々オートメーションと名のつくものは全てコンピュータによって実現を見たものである。

コンピュータの助けを借りるというよりも助けなしではといった方が適切である意味合いでComputer Aided……と称されるシステムがやたらと目につくようになった。Computer Aided Design（ＣＡＤ），Computer Aided Instruction（ＣＡＩ）等々である。

こうみると機械万能，コンピュータ万能のようであるが，人間との対比の上で指摘しなければならないことがある。マイクロコンピュータに関する調査報告書（55年度 日本電子工業振興協会）のマイクロエレクトロニクスの衝撃と将来展望の章のはじめに次のように指摘がある。

「機械は人間の肉体労働の必要性を減じたが，人間の価値を減じはしなかった。同様にマイクロコンピュータは人間の単純な計算・暗記・制御の能力の必要を減じるが，人間の価値を減じはしない。人間の高度の機能の多くは，少なくとも歴史的な長さにわたって，機械に卓越することが広く認識されるようになるだろう。」

ここでいう機械に卓越する人間の価値とは，その一つには創造力による新

しい価値，文化を生みだす能力であろう。歴史的な長さとは文化だと理解すれば，文化・文明は人間の所産であって決して機械が自らつくりだしてくれるものではない。歴史的な長さを凍結しても，有機ー生体である人間と，無機ー物体である機械との比較はナンセンスであるともいえるが，単純に工学的な視点で比較すれば表５－１の通りである。

先にも述べたが，これまで単細胞的知能であった機械に対してもマイコンを組み込むことによってかなり知能の向上を可能にする。これは機械が利口になるというだけでなく，人間と機械の親和性を密にするということを示唆している。換言すればマン・マシンインタラクション上のギャップを狭められるといえるが，そのために人間ー機械系のインタフェイスは益々重要なテーマとなろう。

旧聞に属するが，50年代後半から60年代初頭にかけて，ＭＩＴで人間とコンピュータの実時間による対話（Dialogue）による問題解決を，より密なる形で行わせるというＭＡＣ（Machine Aided Cognition）プロジェクトが推進された。その結果の一つとしてMultics（Maltiplexed Information and Computing Service ）が開発され，その後の商用ＴＳＳにつながったことはよく知られている。論理回路素子がトランジスタからＩＣと発達する過程でミニコンが登場し，コンピュータのパーソナル化と制御機構としてのシステムコンポーネント化がクローズアップされた。

ミニコン時代のパーソナル化やシステムコンポーネントという言葉の意味は，大型計算機との比較の上で使われたもので，ＬＳＩ技術によってもたらされたマイコン時代の今日的尺度で見れば，本来のパーソナル，システムコンポーネントとはほど遠いものである。

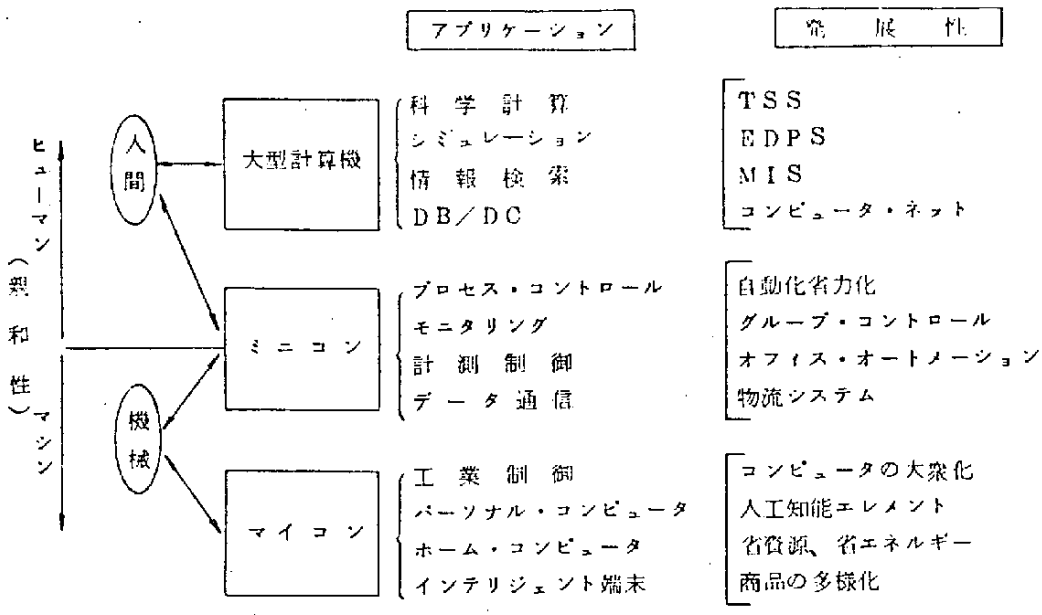
いずれにせよ，人間はコンピュータをより身近なものとして活用すべく努力しており，マイコンの登場によって他の機械も含めその利便性の向上を追求している。図５－１はこれ迄の人間，コンピュータ，機械の親和性を示したものであるが，ＶＬＳＩ時代になって32ビットマイコンの登場は，人間，

表5－1　人間と機械の比較

比較項目	人間	機械
検知	検知可能な入力の種類は，広範囲で同時に多種の刺激を変換できる。基準値は不定でドリフトを生ず。	原則として計量ごとに1種類の入力を検知，物質の検知は広範で正確，検知閾値は人間ほど低くないが，電磁波など，人間スペクトル以上のエネルギー検知が可能。
知覚	高い冗長度があり小量の情報で全体的な意味づけの構成が可能。	きわめて限界的，要素からの全体的構成はプログラム化が困難。
学習能力	先験的経験を後続行動の変化に用いることが可能	原則として機器コンフィギュレーションが一定であれば変化なし。
般用化能力	イヴェントの種類分け，類似性の抽象化，相反特性の無視などが可能。	きわめて限界的，物理的特性のみ応答。
オリジナリティ	直接的関連がないイヴェントや観察の検知や報告が可能。	付随的情報や機能的関係の発見能力なし。
モニタリング能力	低能力	高能力
チャネル容量	有限であって，単位は時間あたりの情報処理の最大値は小さい。	任意に拡大が可能。設計に従ってのみ有限。
情報処理機能	プログラミングの変更が容易，多数のプログラムを準備。	プログラム数の増加はきわめて高価，一定のプログラムに従う高度なくり返しデータ処理が得意。
応答時間	やや低速，最短人間応答は200msec程度。	動作時間は高速，通常はμsec単位を使用
操作機能	フィードバック制御系としての特性をもち自由度が大。	操作範囲が大
トラッキング	広範囲のトラッキングを可能とするが特性は比較的低次。	一定の条件の範囲内で高次のトラッキング特性がある。
マニピュラビリティ	高精度のマニピュレーションが可能。	人間と同程度の機能を維持するには高価で複雑。
過負荷オペレーション	機械と比べ過負荷状態でもオペレーションが可能なことがある。過負荷の一時的な許容範囲が大。	過負荷は休止状態もしくは破壊となる。
演繹的論理	最適戦略を常に期待できず，正しい前提が誤りの結論を誘導することがある。	演繹的論理がすぐれ，定理を十分に駆使する高確率で最適戦略の記憶と使用が可能。
帰納的論理	一般的法則に対しては可能な場合がある。	帰納的論理は不得手。
演算能力	比較的低速かつ低次のコンピュータ。	高次かつ高速のコンピュータ。
コミュニケーション	人間間のコミュニケーションは容易，システム間の人間から機械へのコミュニケーションはやや容易なるもシステム外の人間から完全自動化システムへのコミュニケーションはきわめて困難。	人間へのコミュニケーションはきわめて限定的。
パフォーマンスの変動性	日内および日間の変動性が高い。	最少変動の維持が可能。
疲労	くり返し作業はエラーが多い。休憩を必要とし，通常最大効率作業は8～10時間。	低減を供わずに連続的稼動が可能。ただし熱，腐食摩擦などの物理的限界に対する配慮が必要。
環境要件	狭範囲の環境条件下でのみ生存が可能，生理学的保守要件が広範。	環境に対する許容範囲が大，設計仕様によって限定。
信頼度	一般にエラー発生率は高い。手動機器の信頼度はコンポネント数が少ないので自動機器よりも高い。信頼度向上は，適性と訓練以外に方法なし。	一般にエラー発生率は低い。自動機器の信頼度は，コンポーネント数が増大するので手動機器よりも低い。信頼度向上は設計とコストに依存。
フレキシビリティ	選択的・非期待的イヴェントを低確率で処理が可能。フレキシビリティは大。	全イヴェントの予測は困難で十分な処理は不能。特に偶発に対するプログラム化は不可能。フレキシビリティは有限。
物理的な力	機械の助成がなければ比較的弱い。	パワーの実用的限界はない。
コスト	経常経費を要す。供給はやや容易。複雑な作業には訓練が必要。	購入費，運転費，保守費を要す。供給は有限。コストは，複雑さに伴って増大。
重量	軽量	人間機能の再生には巨大な重量を要す。

（出典：自動設計とグラフィックス，大河出版）

コンピュータ，機械をとり巻く環境を一変させることは必至であり，よりダイナミックでインテレクチャルなものになることが想像できる。



（出典　医療情報サービスシステム調査概要報告書　55年7月）

図5－1　人間，コンピュータと機械の親和性

5.1.2　知的情報処理の要求

コンピュータの語原は Comput ：計算する，算定する）からきており，その業務は主として科学計算であったが，ハードウェアの進歩，ソフトウェアの充実によって他の業務，即ち，データ処理，制御，通信などと拡大されてきた。コンピュータの普及によって情報化社会の高度化が進み，その結果，コンピュータに対し新しいニーズとしての業務が要求されるようになった。新しいニーズとして，データ管理，文書処理，データベースマネジメントや，非数値データ処理である図形，画像，イメージ，言語などの処理がある。コンピュータも単純作業からより高度複雑でより知的な作業を課されてきたと

いえる。そして，これ迄のVon Neumann 型コンピュータの限界をクリアするため，データフローコンピュータやアソシエイティブコンピュータなどの非Neumann型コンピュータによって新しくニーズの対応がなされようとしている。

情報処理学会誌（創立20周年記念号）に掲載された東京大学宇宙航空研究所の大須賀節雄氏の論文を引用すれば，初期の計算機は，社会全体の活動に比べるとごく一部の特殊な分野で用いられることを前提として設計された。しかし，計算機の利用範囲はその後急速に拡大し，現代では普遍的な手段として社会生活に欠かせないものとなっている。しかるに計算機の基本設計思想は今日迄ほとんど変化していない。これ迄，応用技術という名で，拡大する新しい分野で生ずる広汎な要求を，特殊分野向けの機能によりいかに満たすかという努力が続けられてきた。しかしこの努力も限界に達しており，新しい計算機システムの研究が進められているという。その根底にあるのは，計算機の置かれている環境が大きく変化を遂げたことで将来の計算機は，

(1) 意味をexplicitに表現する形式と，それによって表現された知識の集まりである知識ベースを構成する手段を有すること

(2) 推論機能，大量の非手続き情報から特定の条件に合致した情報を検索する機能，非手続的に表現された知識から手続きを生成する機能などを基本機能として含むべきこと

(3) 大量のデータを効率的に処理すること

(4) 処理は高速に行われること

が導かれる。さらに実用化を可能にするには，

(5) 新しい概念の計算機は，長年にわたり多額の投資のもとで蓄積された既存の情報や計算機そのものを否定するのではなく，過渡的にはこれらと共存あるいは漸次移行を可能とするものでなくてはならない。重要なことはこれを専用目的の計算機としてではなく，汎用の計算機として実現することである。

と指摘している。

確かにこれまでの計算機は，ハードウェアの進歩はあっても，ソフトウェアは計算機の論理構造に制約を受け，アプリケーションソフトは膨大なものとなっても，質的にはたいした進歩はなかったといえる。しかもソフトウェアは，共通の資産として体系化した方がコンピュータ全体の開発コストは有利となるという経済的な理由と，普及したものを簡単には捨てられないという保存の立場から一つの既存系を形づくってしまう結果となった。しかし，コンピュータ技術の高度な発達はこの既存系を脱し，計算機により知的な情報処理をさせたいという要求となって現われた。既存系への固執は，新しいコンピュータの領域を開拓する上で“ソフトウェア危機”といわれるものとなっていることは周知の通りである。

このソフトウェア危機を回避するためには，従来コンパチビリティーといわれたコンピュータのシリーズのソフトウェアの移植性，あるいは継承性を否定した，新しい概念をもった新しいコンピュータのアーキテクチャを必要とする。因に，iAPX－432は，現在コマーシャルベースで供給される唯一の32ビットマイコンであるが，非Neumann機構による新しいアーキテクチャを実現，ソフトウェアも過去の“遺産”を継承せず，新しいソフトウェアのパラダイムによって知的情報処理の要求に応えるマイコンの新しいコンセプトを打ちだしたものといえる。

5.1.3　情報処理能力のコンポーネント化

コンピュータの命令処理速度は，プロセッサの一語長，メモリのビット数に比例して増加し，情報処理能力は，回路数の0.7乗に比例するといわれる。VLSI技術による集積度の大幅な向上は，コンピュータの情報処理能力を飛躍的に高めよう。

コンピュータは先にも述べたように，もともとは数値処理を高速で行うことから出発し，ハードウェア，ソフトウェアの進歩によって膨大なデータ処

理が行えるようになった。

今日では，図形やイメージなどの非数値データ処理も可能となり，さらには人工知能ツールあるいは人間能力増幅装置としての知識ベースマシンが今後のコンピュータのめざす重要な方向となった。

1チップ当りの集積度は，論理回路の場合はこれ迄3年で4倍，メモリの場合，2年で4倍のペースで推移してきた。ＶＬＳＩ技術によって論理回路の集積度は数万回路／チップ，メモリで数百万ビット／チップと増大し，中型コンピュータのＣＰＵも1チップ化が可能となろう。

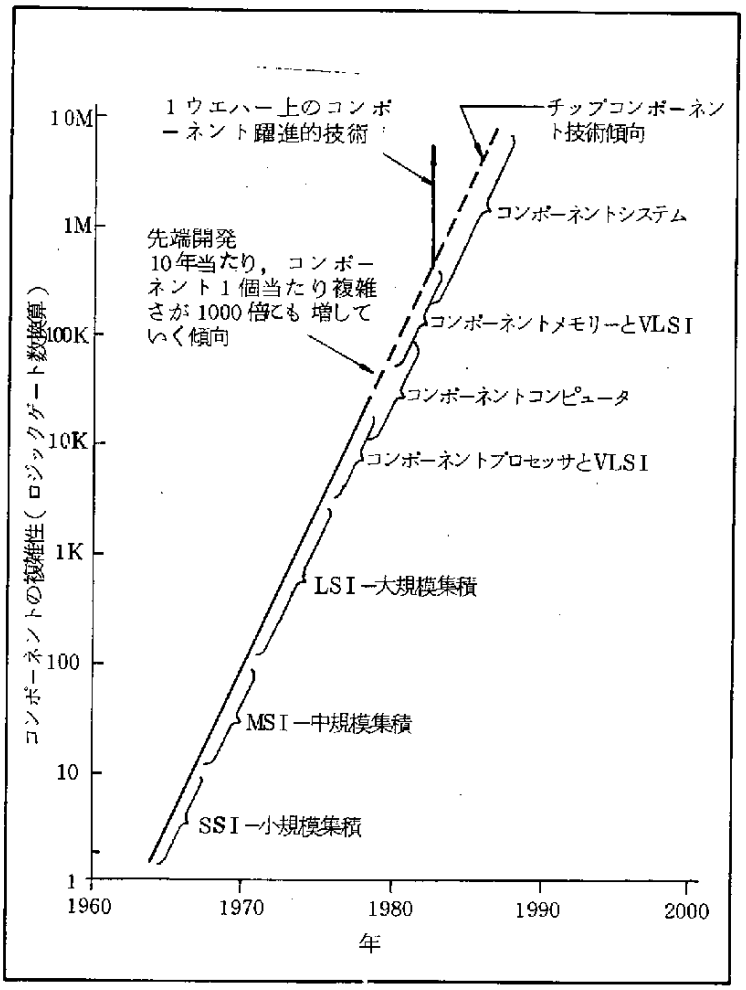


図5－2　コンピュータ／マイクロ複雑性傾向－コンポーネントコンピュータ

図５－２は年度別にみたコンポーネントの複雑性，即ち集積度を示し，集積度の向上によるコンピュータ機能の一部としてのプロセッサのコンポーネント化，コンピュータシステムのコンポーネント化が進むことを表わしたものである。１チップ上のコンピュータ，１チップ／ウェハー上のアプリケーション，例えばＭＩＳ給与計算システム，受注処理システム，故障診断システム等がコンポーネントコンピュータで実現され，図５－３に示すように，チップ技術の進歩が10年で100倍，パターン処理，ローカルネットワーク，オプトエレクトロニクス，超伝導等のコンピュータの先端技術の進歩が10年で10倍のペースで推進するとすれば，革新率は10年で1000倍となり，一枚のウエハーに知的情報処理を行う種々のシステムが実現されることも予測される。

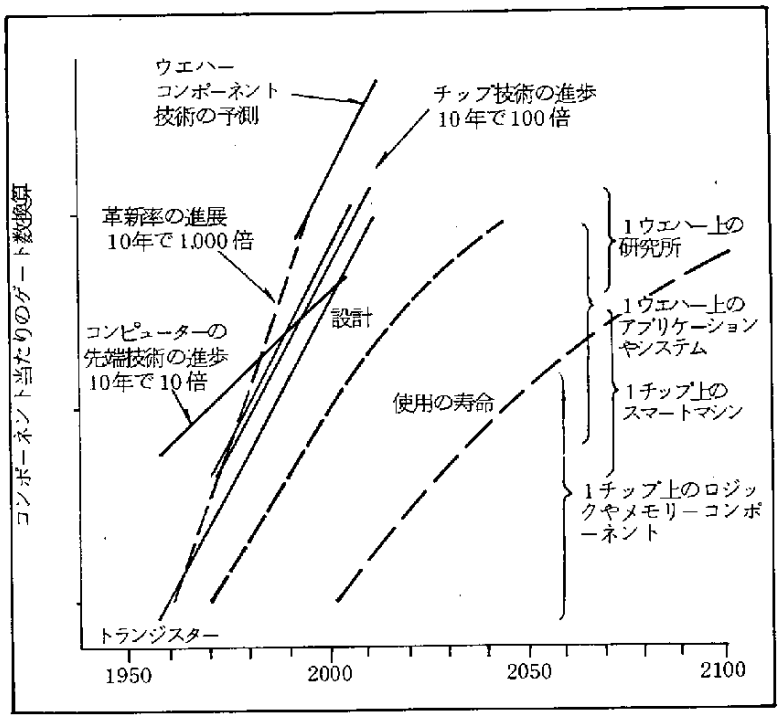


図５－３　シリコンの発達の予測

5.1.4 知識ベースマシン

第5世代コンピュータシステムの機能と目標は，第5世代のコンピュータ調査研究報告書（日本情報処理開発協会）によれば，

(1) 音声，図形，画像，文書等の人間が日常生活の中で用いている情報伝達の手段でコンピュータへの入出力を行わせ，マン・マシンインタラクションを改善向上させる。

(2) われわれの“話し言葉”，即ち自然言語でコンピュータと会話し，目的とする処理を行う。

(3) 音声，図形，あるいは自然言語の形で知識ベースをコンピュータ自身に保有させ，問題解決のツールやコンサルタントシステムとしての役割をもたせる。

(4) 学習，連想，推論機能をもたせ，新たな判断機能によって人間の能力の拡大，増幅を可能にする。

定型的な業務をただ高速で処理するだけの現在のコンピュータに対して，第5世代のコンピュータには，以上のようにマシンのインテリジェンスを向上させ，人間のよきアシスタントとなり得る，使い易いコンピュータであることが要求され，ソフトウェア作成負荷の軽減，社会的ニーズに対応する総合的機能・性能の向上が要求されている。

知識ベースコンピュータは，

(1) 日本語によるＣＡＩ

(2) 法律や税務，経営診断などのカンセリングシステム

(3) 文献検索やその他の情報検索システム

(4) 病状診断を行える健康管理システム

(5) 案内，予報などの生活情報サービス

(6) 文章翻訳の通訳システム

など教師，弁護士，監査人，医師などの専門家のための装置であるばかりでなく，準専門家のための能力増幅補助装置であることが情報化社会の高度

化に当って必要となることは必至であり，第5世代のコンピュータにかける期待は大きい。加えて，第5世代コンピュータの思想は，汎用大型機に留まるものではなく，マイコンの領域にも重要なことはいうまでもない。ペーパーレス社会のフューチャーオフィスシステム（FOS）での人間の知的生産システムや，フレキシブルマニファクチャリングシステム（FMS）におけるインテリジェントロボット等の実現には，少なくとも①知識データベース，②推論学習機能，③言語や図形，音声による入出力機能をもつ人工知能ともいえる高性能マイコンが不可欠である。

知識ベースマシンの具体例として，現在，DEC社とMITが共同でフィールドエンジニアのための機器の故障やバグ検知作業をスピードアップし単純化する，すなわち，ハードウェアの障害を診断する人工知能ツールを開発中であるという。これは，エキスパートマシンとして専門家のフォルト診断能力に匹敵する知識情報をシステムに凝縮し，あたかも有能なメンテナンススタッフとしてユーザへのサービス強化を計るものである。また知識ベースマシンは，伝染病診断と処方せん作成や構造エンジニアリングなどの分野でその有用性が実証されているが，今後多くの分野で知識ベースマシンの試みがなされよう。

特に32ビットマイコンの登場は，パーソナルコンピュータの高機能化をもたらすことで，パーソナルな知識ベースマシン実現の期待が持たれる。

5.2　システム化技術の新しい方向

よくいわれるように，コンピュータは素子の進化，変遷によって世代を更新，コストパーフォマンスの向上とアプリケーションの高度化，多様化をもたらし，システム設計手法も論理回路やメモリの発達に伴って大きく変化した。情報処理システムは，ハードウェアとファームウェアを含めたソフトウェアで構成され，その割合いは，論理素子の機能，信頼性などハードウェアに関するコストとソフトウェア開発コストをにらみ合わせ，コスト・パーフ

ォマンスを最大にするよう決定される。今日では，ハードウェアコストの急激な低下がある一方，ソフトウェア開発コストの急騰があり，トータルコストに占めるソフトウェアコストが80％以上と支配的であることから，ソフトウェアコストを軽減させ，生産性，信頼性を向上させるソフトウェア生産技術の外に新しいコンピュータ環境に応じたシステム化技術が重要となった。

ＬＳＩ技術の発達によって登場したマイコンは，これ迄主流であったトランジスタやＩＣ，リレー，ＬＳＩアレー，カスタムＬＳＩ，ハイブリッドＩＣなどで組み立てられたランダムロジックの代替として使われ，それによってアナログ要素やリレーなどの機構部品を排除し，システムの平行処理機能（Parallelism）やモジュラリティを向上させ，融通性を高め，配線やバスを単純化できたことからシステムの信頼性を高めることが可能となった。マイコンは基本的にストアードプログラムのコンピュータであることから，ソフトウェアによって全ての機能を働かせることが必要であり，ランダムロジックによるシステム設計とは様相を一変させることになった。

図５－４は世代別にみた設計手法の移り変りを示したもので，第５世代では完全に定められたマイクロコンピュータを用いたプロセッサ（Ｐ），メモリ（Ｍ），スイッチ（Ｓ）の設計が標準的方法となったことを表わしている。

図５－５はマイコン応用システムに対しベースとなる基本的技術を示したもので，いずれにせよマイコン応用に当ってシステム化技術は技術環境，市場環境などの変化によって多様な技術を複合したものとなった。

ＶＬＳＩ時代に入って，マイコンの高機能化と周辺技術の進歩は，ますますシステム化技術の高度化を強いることは必至である。

「第５世代のコンピュータ・システム化技術研究分科会報告書」（日本情報処理開発協会）によれば，これからのシステム化技術に対して，

①大規模システムのシステム化，②ハードウェア環境，特にＶＬＳＩへの対応，③ソフトウェア問題の解決，④柔軟なシステムの追求，⑤インテリジェントなシステムの追求の５つを問題点の形でとり上げ，考察を行っており，

設計法 ＼ 世代	1	2	3	4	5
組み合わせ，順序回路 標準モジュール，ＩＣの利用	S	S	S	—	—
ROMとPLA マイクログラミング	—	—	S	M	—
標準ＲＴ素子（高性能）利用のマイクロプログラミング 少しくロジック・デザイン	—	—	—	S	M
マイクロを用いたプログラミングとインタフェイス用ロジック	—	P	P	S	X
完全に定められたマイクロコンピュータを用いたＰＭＳ設計	—	—	—	—	S
カスタム・チップ設計と標準化された論理設計（高性能）	—	—	M	M	M

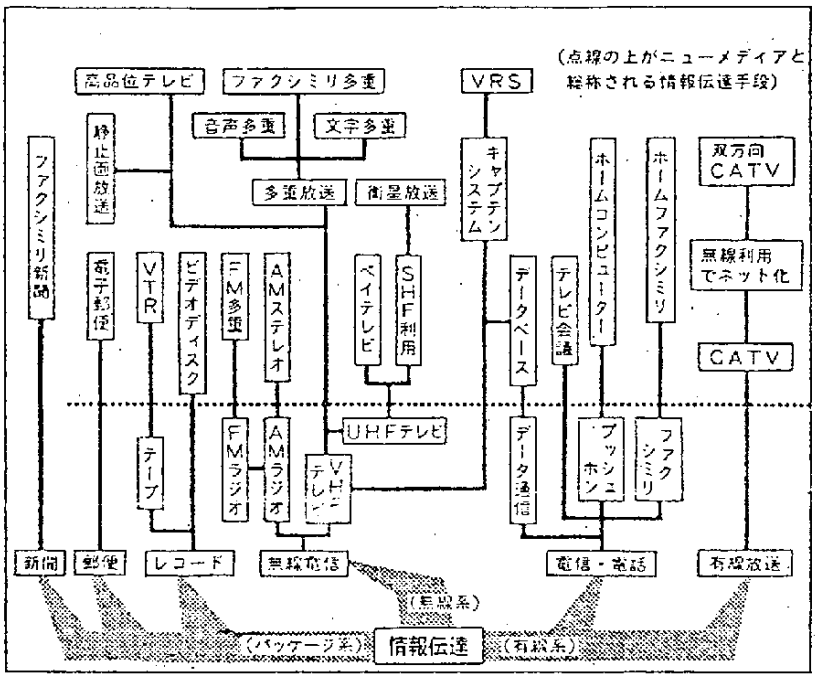
S：　殆んどのディジタル・システムに対する標準　な手法

M：　基本装置のメーカが採用

X；　これも使われている。

P：　マイクロへの前兆　　出典：　ＶＬＳＩと計算機システム（日本電子工業振興協会）

図５－４　設形手法と世代



（注）ＶＲＳ＝映像応答システム。電話網を通じて映画など映像情報を見る。
ＳＨＦ利用＝極超短波を利用し、放送衛星による商品位テレビ放送やＣＡＴＶのネット作りを行う。
ペイテレビ＝ＵＨＦを利用して妨害電波と一緒に電波を出し、受像機に取り付けた解読機を通して見る。

図５－５　システム化技術とアプリケーション

新しいシステム化技術を追求し，これを実限するための鍵として機能のモジュール化（functionality），抽象化（abstraction），成長性（additivity）の3つの原理を挙げている。要約すれば，システムの機能は構成部品の機能のみで完全に決められ（機能のモジュール化），システムを階層化する場合，上位の抽象レベルに下位の実現レベルの概念を当てはめない（抽象化）ことと，システムの機能を追加したとき影響がほとんどないこと（成長性）であるという。情報処理技術の進歩はますます知的な情報処理を機械系に要求し，それを実現させようとしている。人間と機械の関り合いにおいて両者の親和性こそ重要であり，そのためにも新しいメディアの採用も活発化していることをみると，システム化技術の本質は，人間－機械系の知的マッチングにあるといえよう。

従来のシステム化の方向は，いわゆる3S（Standardization，Simplification，Specialization）をスローガンとしたが，技術の進歩や社会の要請によって今日では，システム化に対する基本的な考え方は，3F（Fashionable，Fine，Flexible）を重視するようになった。システム化の動向としてはトータルシステム化（複合化），社会システム化，ソフトウェア化が推進されており，新しい3SとしてSuper，Smart，Software が上記の3Fと表裏一体となってシステム化のためのメルクマールとなった。

表5－2は技術環境の変化，社会環境の変化などから発生すると思われる社会的問題と，将来のコンピュータ設計でのインパクト，未来のシステムへの社会的インパクトを示したものである。

日経ビジネス誌　1982，2－8号は軽・導・短・小化の衝撃と題しマイクロエレクトロニクス時代のナウなヒット商品の条件は，省「資源・エネルギー・スペース」の3S（セーブ）が不可欠であるとし，重・厚・長・大は最早時代遅れであり，商品の軽薄短小化が必至の課題となったと指摘する。一例として電卓はこの15年間にサイズは4400分の1に小型化され，消費電力は45万分の1に低下，重量は694分の1，薄さは156分の1，長さ4.7分の1

表5－2　マイコンのインパクト

社会的問題	将来のコンピューター設計へのインパクト	未来のシステムへの社会的インパクト
専門家の必要性 過失とエラー	楽しいシステム 故障にたえるもの 自己修復可能 フェールーセフ	より親しみ易い，使いやすい エラーの起きないオペレーション
オートメーションによる失業という神話	望ましい未来へのシナリオ（コンピューターの利用からみて）	社会とより多くの仕事のためより高いＱＯＬを割り出す機会
ハード／ソフトの高いコスト	マイクロシステム ハードにおけるソフトのコストとソフトウェアエンジニアリング	より安いコストの計算機利用 人々の配転 よりスマートなコンピューターとスマートマシン

となり，軽・薄・短・小時代の代表とみなしてよい。面白い比較として１Kg当りの商品の価格をあげているが，たとえば金地金１Kg 500万円に対し64KビットＲＡＭが１Kgであれば１億円に相当し，軽薄短小化した商品程付加価値が高く，高収益に結びつくことが理解できる。

ＬＳＩが電卓の軽薄短小化を著しく促進したのと同様のインパクトがＶＬＳＩによってパーソナルコンピュータに与えられるのは想像に難くない。

以下これからのシステム化技術に採り込まれる代表的な技術について展望してみよう。

5.2.1　ＶＬＳＩとデータ通信

微細化，高密度化技術は半導体プロセス技術，デバイス技術の長足の進歩によって，ＬＳＩからＶＬＳＩ時代の幕を開いた。

４ＫＲＡＭは素子数が26,500，64ＫＲＡＭでは402,000とのデータもあるが，ＶＬＳＩ技術が進歩すれば，数百万ビットのメモリ，数万回路のロジックが１チップで実現されるという。ＶＬＳＩは，信頼性とコストパーフォマンスを大巾に向上させると同時に，コンピュータシステムの設計に次のよ

うなインパクトを与える。

① ソフトウェアのハードウェア化による処理速度の向上

② ソフトウェアコストのプッシュアップ

③ データフローマシンなどの非ノイマン型コンピュータの実現

④ 小型，軽量化によるコストダウン

これによって機能の多機能化，高度化，複合化を可能にし，創造性，新規性に富んだ新しいシステムの実現が計られよう。

特にマイクロコンピュータへのＶＬＳＩのインパクトは，ＯＡやＦＭＳばかりでなく，家庭内システム，例えば水道，ガスの自動検針，医療相談，テレビショッピング，献立，育児，家計簿などのホームキーピング，在宅での学習や勤務，電子郵便，新聞，防犯・防災などのセキュリティ，ガイドや予約などあるいはまた家庭外システム，例えば法律相談，税務相談，求人，求職，不動産取引き，救急医療，災害避難，その他あらゆる生活情報システムに及び，通信技術の進歩と相俟って，点から面，面から体へと情報処理網を拡げることが期待できる。

5.2.2 ニューメディアの登場

1970年代の後半から新しい情報の伝達媒体，あるいはコミュニケーション媒体として新しいメディア，例えば，音声・文字の多重放送（テレテキスト），通信衛星からの直接放送，ＣＡＴＶによるペイテレビなどが登場しはじめた。コンピュータとコミュニケーションの結合は情報化社会をより高度化し，必然的に新しい情報の伝達媒体を必要とし，ニューメディアの時代が幕開けとなった。

電話回線とテレビを使って直接情報を検索する文字図形情報ネットワークが世界各国で実用化あるいは実験が進められており，わが国のCAPTAINシステムは58年には実用化されるという。イギリスでは1974年にＶＩＥＤＡＴＡの実験サービスを開始し，79年にＰＲＥＳＴＥＬとして商業サービス

を開始した。フランスではＴＥＬＴＥＬ，西独ではBUILDSCHIRMTEXT，カナダではTELIDONという名で実験サービスが続けられている。これらをＣＣＩＴＴではビデオテックスと総称するが，ビデオテックスは静止画面しか送れなかったが，動画と音声を同時に送れる映像応答システム（ＶＲＳ）を電々公社はＣＡＰＴＡＩＮの次にくるものとして実験中である。

利用者の参加と対話を可能とする双方向映像情報システムにＨＩ－ＯＶＩＳシステムがあり，神戸ポートピアのテーマ館ハイオービス劇場に展示され，来場者が番組に参加できる双方向性通信サービスが人気を呼んだ。

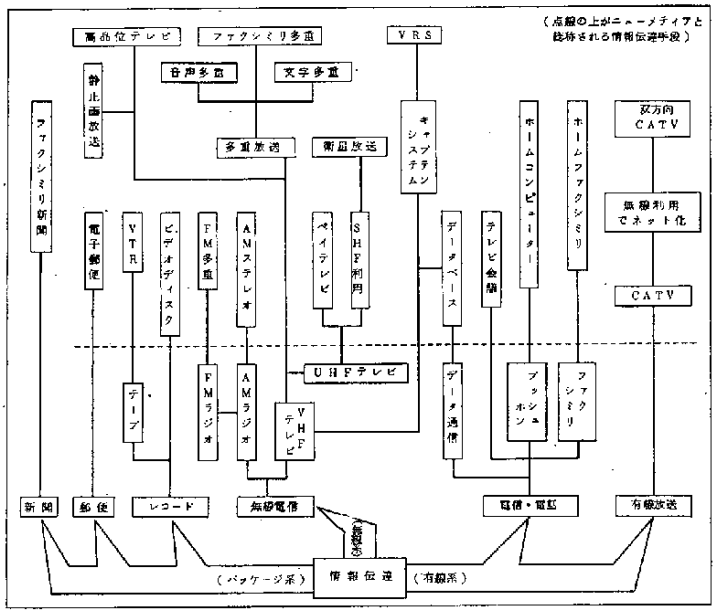
利用者が一方通行の情報しか受けられないこれ迄の放送型の通信サービスも，双方向性によって利用者が参画できるようになると，産業，教育，生活，オフィスにおいて映像情報システムの新しい利用形態が考えられ，コンピュータ会議，テレフォン・ショッピング，ＣＡＩ，広域防災システム，地震や原子力発電所の事故などに対処する緊急警報システムなど話題を提供している。

図５－６はニューメディアの発展を示したものである。

有線であれ無線であれ，新しい通信形態とは別に，新しいメディアとしてファクシミリとビデオディスクは，映像情報システムを構成する装置あるいは機器として重要なものとなった。

特にビデオディスクはＶＴＲとの競合性もあるが，二次記憶媒体として容量が10^{11}～10^{12}と桁違いに大きく，大容量のデータベースの可能性と図形と音声が同時に扱えることから，ＣＡＩによる教育システムの機能拡大，大量文書処理，CAD，不動産，旅行斡旋，ショッピングなどの情報を提供する手段としてうってつけである。ファクシミリは郵便，新聞，雑誌，カタログ，ダイレクトメール，請求書など従来の紙を媒介としていたものをエレクトロニクス化し，集配，郵送などの手間を省くことができる。そのためにも，家庭を対象とした場合，ローコストでポータブルなミニファックスの出現がまたれる。

大がかりな映像情報システムとは別にパーソナルコンピュータと新しい映



(注) VRS：映像応答システム。電話線を通じて映画など映像情報を見る。
SHF利用：極超短波を利用し，放送衛星に高品位テレビ放送やCATVのネット作り行う。
ペイテレビ：UHFを利用して効率電波と一緒に電波を出し，受像機に取り付けた解読機を通して見る。

（出典：日経産業新聞，1981．9．22）

図5－6　ニューメディアの発達

像処理機器の組み合わせは，家庭における娯楽や，学習，生活情報の収集などに応用でき，これからのパーソナルコンピュータは映像情報処理が大きな柱となることは必至である。

特に事務処理における文字，音声，映像などマルチメディアの形態による情報処理システムが普遍的なものとなろうが，OAの推進は，まさにニューメディアといわれる新しい情報メディアの上に構築されるもので，古いメディア，例えば紙などへの決別がなければ砂上に楼閣を建てる所業と変わりない。

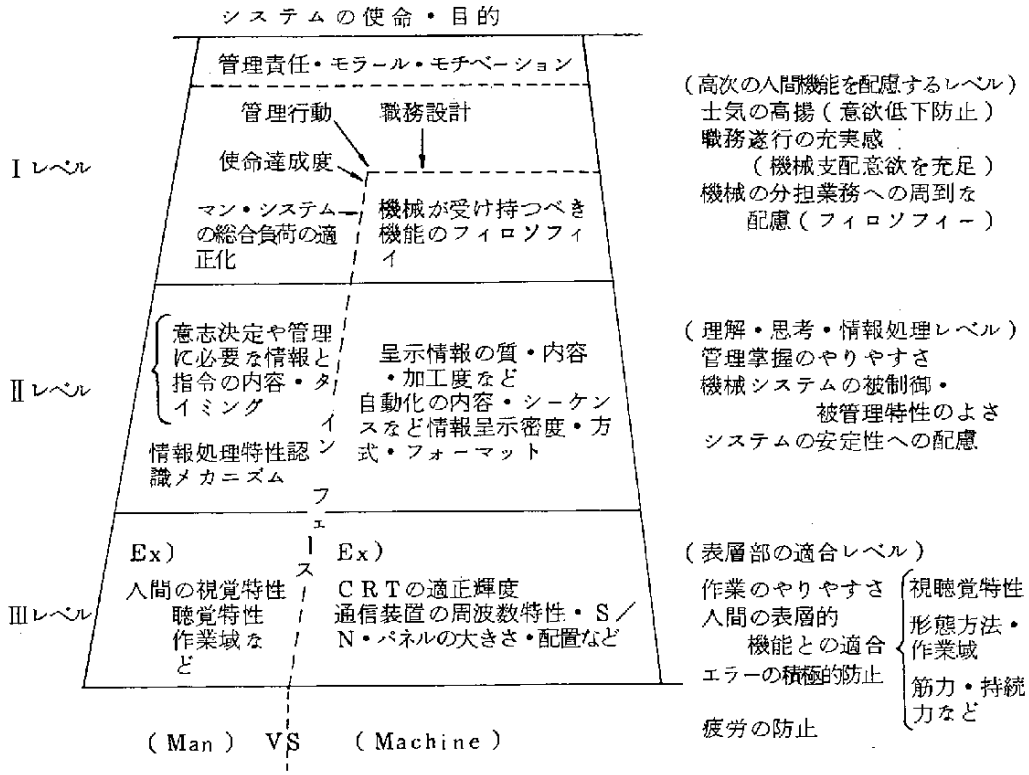
5.2.3　マン・マシン・インタフェイスのあり方

これまでのマン・マシン・インタフェイスは人間工学的な立場から人間を機械化したモデルとして捉え，実際の機械との関わりをトータルな機械系とみなして，主に操作性，安全性の面から論じられた。技術的な制約から人間が機械にいわば"順応"することが強いられていたが，技術の進歩によってもっと楽に順応，介入できないかという発想がマン・マシンインタフェースであったといえなくもない。

機械系への人間の介入は，人間の知・情・意に基づく判断の介入であり，ヒューマン・エラーによる誤操作が入り込む余地は大きく，フールプルーフが機械に要求された。人間の知・情・意の介入を否定するような"バカチョン"式なんとかという機械の登場は，フールプルーフの極みといってもよい。

ＬＳＩ技術，特にマイクロコンピュータ，ニューメディア，センサーの発達によって，機械の知性，感覚が数段と向上し，機械の知識ベースと感覚メディアは人間サイドに接近したものとなってきた。

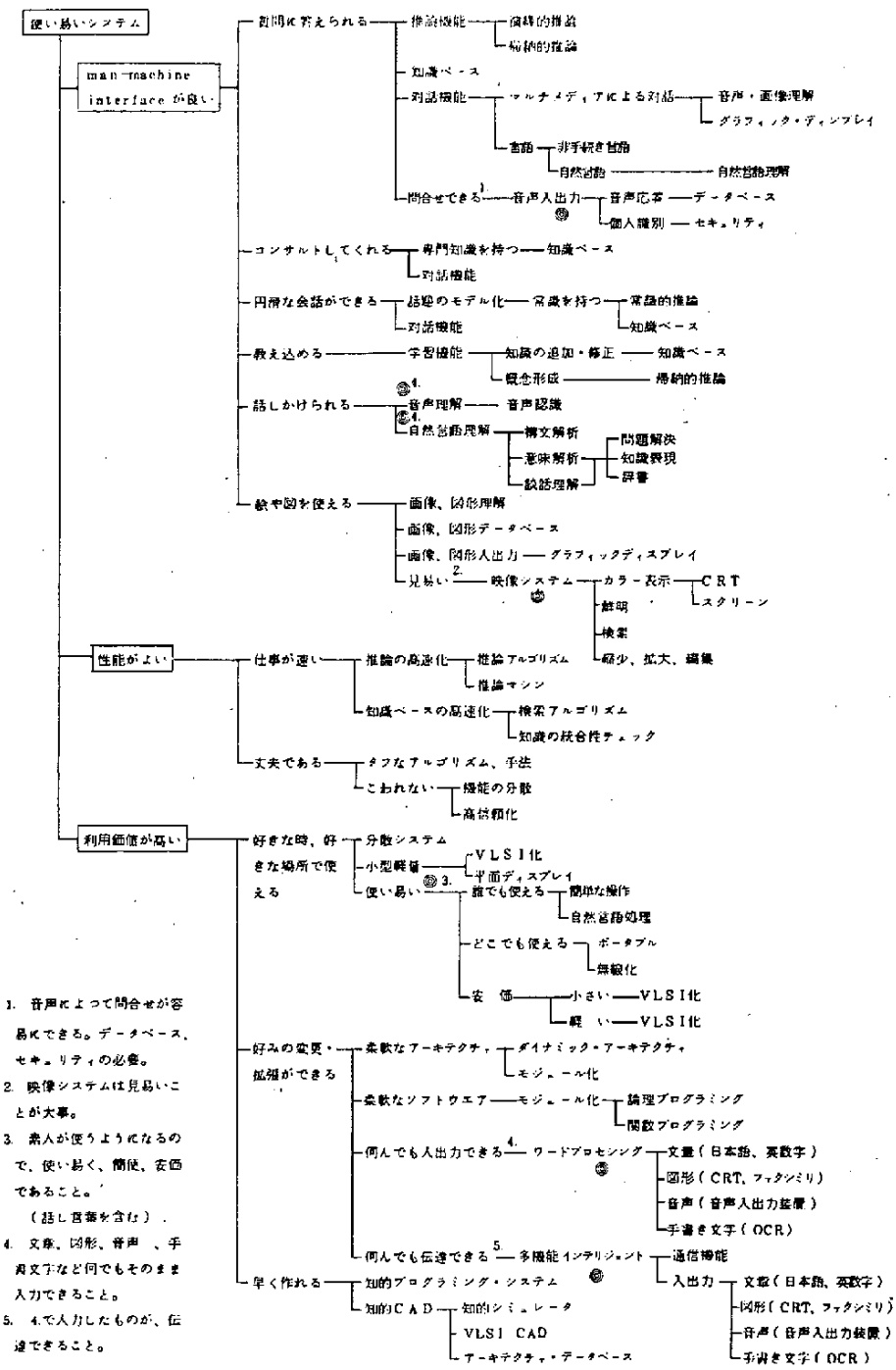
この意味でこれからのマン・マシン・システムにおけるインタフェイスはより知的でかつ感覚的なものになってきた。音声による入出力も人間の言語で機械との通信を可能にし，人間の知識の増巾という新しい機械の使命がクローズアップされ，マン・マシンインタフェイスのこれからのあり方は人間の知的活動の増進にウェイトが移った。広義に解釈すれば分散処理もマン・マシンシステムの人間サイドへの移行とみなせなくもない。



(注)各階層ごとにインターフェースの課題が存在する。

(出典:明日のコンピュータを考える日本電子工業振興協会)

図5－7　マンマシンシステムにおけるマッチングの階層構造



1. 音声によって問合せが容易にできる。データベース、セキュリティの必要。
2. 映像システムは見易いことが大事。
3. 素人が使うようになるので、使い易く、簡便、安価であること。（話し言葉を含む）。
4. 文章、図形、音声、手書文字など何でもそのまま入力できること。
5. 4.で入力したものが、伝達できること。

（出典：第5世代のコンピュータシステム化技術研究分科会報告書日本情報処理開発協会）

図5－8　マン・マシン・インタフェース（WP，インテリジェントWS，オフィス映像システム，音声入出力

5.2.4　センサーへの期待

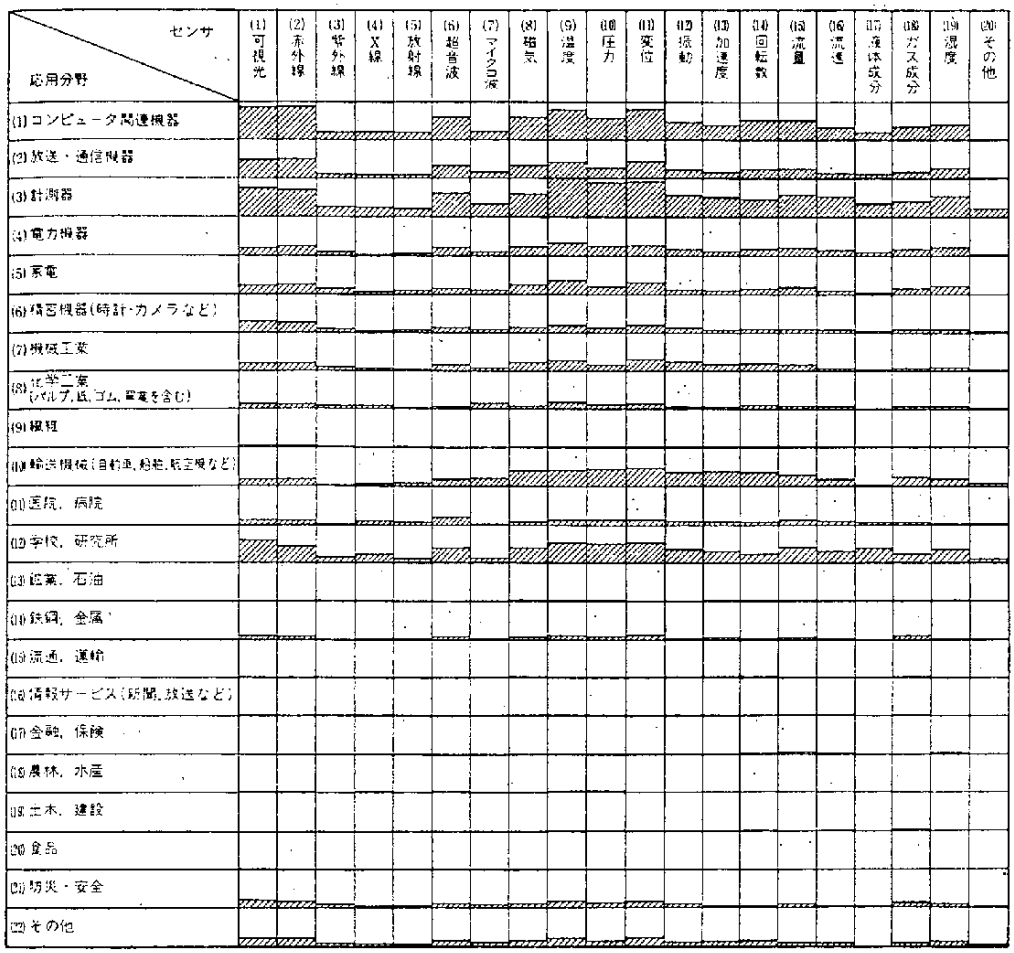
ＬＳＩ技術の進歩によってマイクロエレクトロニクスは技術の複合化，先端化の大きな立役者となったが，より広範な応用分野の開拓にセンサーあるいはセンシング・デバイスは重要である。人工知能エレメントとしてのマイクロコンピュータと感覚（五感）の役目を果たすセンサーの組み合わせは，制御の分野ばかりでなく，省エネルギー，防災，物流，公害，医療，家事，レジャーなどのあらゆる分野においてシステムのキーとなった。

機械の電子化，インテリジェント化に加え感覚の技術化・システム化はセンサーを不可欠とするが，物性科学，材料工学などに基礎を置き，センシングの対象も多く，将来も千差万別でアナログ的であり，ディジタル的な他のエレクトロニクスに較べ立ち遅れている。

これからのセンサーはワンポイント型のセンサーから，センサーを集積化し，点から線，線から面，面から空間，空間から時空間でセンシング情報を一括処理できるものが要求される。そのためにもセンサーの機能化，高感度化，新しい原理に基づくセンサーの開発が急がれる。

ロボットもマイコンによって単純なシーケンス型から知能的なもの，高度なものと進化しているが，感覚，知覚そして認識の機能をもつためにセンサー技術はなくてはならない。ホームオートメーションもまた安価なセンサーを必要とする。

マイクロエレクトロニクスの将来はセンサーが握っているといっても過言ではない。



（出典：日本の科学と技術 '80／センサー）

図５－９　応用分野とセンサーのニーズ

5.2.5 知的分散処理

計算機の大型化によるコスト・パーフォマンスの向上によってもたらされた集中処理中心の考え方は，ＬＳＩ技術，通信技術の発達，分散処理に向くコンピュータアーキテクチャ，仮想化技術，集中処理のソフトウェア　特にＯＳの肥大化対策，機械の分散，負荷の分散などの理由から変化し，今や分散処理が代表的，普遍的な処理技術となった。またマン・マシン・インタフェイスの面からも端末のインテリジェント化は分散処理に拍車をかけた。マイコンの登場は，パーフォマンスはコストの自乗に比例するという，いわゆるグロシエの法則を崩壊させたという。即ち，コンピュータの大規模化だけに頼るパーフォマンスの向上は，ＣＰＵ，メモリが安価に提供されるに及んで意味をなさなくなったのである。

安価なハードウェアを必要最小単位でまとめ，それ等を一つにまとめてトータルとして所定のパーフォマンスを実現するという方法は経済的理由からも支持されよう。

分散処理の利点は，①センターマシンの負荷の軽減と管理コストの低減，②システム全体の信頼性の向上，③ローカルマシンの高度の専用化，④リソース全体の有効的活用，⑤通信コストの削減などが考えられるが，ＬＳＩ技術，特にマイクロコンピュータの高性能化によって分散処理の対象が処理の分散，データベースの分散，管理の分散，機能の分散ばかりでなく，知能の分散という面にも及んできた。人間の知的活動からみた場合も集中処理よりも分散処理の方が有効であることは，社会は分業という形で進化してきたことからみても明白である。知的分散処理システムは今後の技術の進歩にまつところが大であるが，知的分散処理の方向は，今後あらゆる分野で進むはずである。

新しいシステム化へのアプローチとして主な技術のいくつかについてオーバビューをした。

知的情報システムの実現と人間とそのシステムの親和性は，単に新技術が

約束してくれるものではない。高度化技術の人間との関りは，従来型技術にみたような機械は所詮機械，機械は人間の下僕，機械は敵というような相対する関係から，人間の能力を増巾し，創造活動も飛躍させる“福音”となるような期待をわれわれにもたらすものでなければならい。

それ故に人間の英知を集約したＶＬＳＩその他の技術を有機的に結合させ，われわれが期待できる以上の効用，効果を引きださせるシステム化技術こそ，ハイテクノロジー時代の課題であるといえよう。

5.2.6 まとめ

電子工業の長期展望（日本電子工業振興協会）によれば社会から電子技術への期待は人間活動のすべての分野に及び，あらゆるニーズに電子技術が関連し，その応用，利用はますます多様なものとなる。特に電子技術に期待されるものとして，①産業構造の知識集約化，②産業重視から生活重視，③社会ニーズ多様化への対応に根ざすものとなるという。

電子技術を代表するコンピュータの適用分野は点から面，面から体へと拡大するとともに質，量の面でも社会ニーズに対応して拡大される。データベース管理，分散処理，ネットワーク，日本語処理，図形処理などの非数理処理，マン・マシンインタフェイス，ソフトウェア生産技術，センサー，ＲＡＳＩＳ技術を確立し，ニューメディアとＶＬＳＩプロセッサによる知的情報処理が重要となる。

技術の波及が見込まれる大型システムの開発として，

(1) 行政ネットワークのシステム化

(2) 福祉医療分野のシステム化

(3) 省資源，省エネルギーを指向した電力，ガス，水道などのソーシャルユーティリティー，地域社会，都市生活のシステム化

(4) 生産活動の省力，省エネルギー，無人化システム

(5) 金融や流通のシステム化

が挙げられている。

同報告書には，分野別ニーズと電子技術として，資源，生産，流通・金融，交通，情報・通信，エネルギー，保健・医療，環境・保全，教育，行政，防衛，家庭生活，オフィスオートメーションと13の分野において現状と問題点，将来動向，社会システム例について詳しく述べられており，それぞれの分野における社会システムの根幹は，上記大型システムとの関連性は別としても，ますます高度化，多様化する産業や社会において，人間の知的活動を一層活発化するために知的環境に満ちた“体系”を造り上げることにあると認識できよう。

お　わ　り　に

お　わ　り　に

技術の歴史をみれば，今日存在するさまざまな道具や機械は，すべて人間や他の動物がもつ機能を模擬することによって作り出されたものである。生体の機能を貧弱な形でしか模擬できなかった初期の道具や機械は，長い年月のうちに幾度も改良を重ねられ，やがては生体が及びもつかない高度で複雑な，また頑丈で強力な形のものに発達を遂げることがしばしばある。そうなれば，単に１人の人間の働きを代替するだけでなく，個々人の能力をはるかに凌駕して何十人分，何百人分もに相当する働きをする。しかも仕事の質の点でも最も優れた人間にも勝る働きをすることも稀ではない。エンジンやモータ，それらを具えた高速の自動車，航空機や電車，工作機械，建設機械，化学反応装置，そして印刷機械や電話・電信装置など，数えあげればきりがない。

コンピュータも，もちろんそれらの機械装置の一つである。しかし，初めからそれまでの諸々の機械装置とは違った，ある“特別な一つ”であると考えられていた。それは人間の肉体的な機能の模擬品あるいは代用品ではなく，“知的な機能”である計算能力の代替をするものだからである。電子式の，しかもストアド・プログラム方式のコンピュータの前にも，ソロバンや手回し歯車式計算機は存在したが，それらは機械装置というよりは人間の力によって人間と協同して動く，極く簡単な道具というに過ぎなかったのである。（もっともソロバンなど，人間と密着して“協同作業”をし，人間を援ける道具の意味を改めて評価し直すことは興味あることである。）

もちろん，コンピュータも初期の頃（１９５０年前半頃）には計算能力は貧弱で故障が多かった。そして図体や消費電力だけがばかでかいもので，使い勝手は悪かった。計算ばかりでなく，データの処理・加工や記憶もやってくれたが，やはりその能力は大したものではなかった。しかし一方で，やがて技術は進歩して人間の及びもつかない計算能力や，その他ある種の知的能

力を獲得するようになるだろうという予想はあったし，そうなければ何が人間固有の能力として残るのか，総合的にも人間よりはるかに“知的な”機械装置は実現されるのか否かといった議論が，（もっとも，ややＳＦ的にではあったが）交わされることも珍しくはなかったのである。

その後のコンピュータ発達の歴史について語る必要はあるまい。この四半世紀の（という極めて短い）間に，半導体を中心とする素子技術の進歩が大きな駆動力となって，コンピュータは驚くばかりに変化を遂げてしまった。そして，初期の予想をはるかに超えて，知的活動サポート・ツールという姿が，しかもパーソナル・ユースという形で，１９８０年代の初頭に現実のものとなりつつある。

なりつつあるといったのは，技術的にもそれを受入れる社会の方にも，まだまだ多くの問題があり未熟な段階にあるからである。しかも問題点は広範囲にわたり，また人間の能力と活動の最も深遠な部分にかかわっている。本質を捉えるのには多くの人びとの知恵の結集が必要であろう。コンピュータの歴史において殆んどの場合そうであったように，技術を供給する人達の主導力だけで（中でも，素材やデバイスの進歩が牽引力といった形の），人間の道具として十分になじみ，本当のところで人びとの要求を満たし，社会に受入れられるコンピュータができていくとは思われない。単なるテクノロジーの問題としてではなく，人間の生理と心理，認識と思考，行動原理，そしてその価値にまで立入って考察を深める必要があるだろう。

われわれの委員会の目指すところは，技術と人びと（ユーザ）の認識の現状を把え，両者のより良いなじみ方について改めて考えてみることであった。少なくともその手掛りをつかむことであった。そのためにユーザのうちで鍵を握ると思われる方々の意見を聞き，それをわれわれなりに分析し，将来の展望を試みたのである。

第１部で得られたユーザの声を，ごく大ざっぱにまとめてみると次のようになる。

(1) 現在，パーソナル・ユースのマイクロコンピュータを所有し，利用しているか，または将来そうしたいと思っている人びとは極めて多い。

(2) しかし現状のハードウェアについては，処理速度，記憶容量，入出力機器（マンマシン・インタフェース）のいずれについても不満があり，特に入出力機器についての不満，要求が強い。

(3) 将来（数年後）の平均的要求としては，プロセッサの幅は１６～３２ビット，処理速度１ＭＩＰＳ，主記憶１MB，補助記憶１００MB，ディスプレイの解像度1,000×1,000ドット程度といえる。価格は，できれば５０万円以下，せいぜい１００万円以下という希望である。

(4) 入出力機器（マンマシン・インタフェース）については，キーボード方式の他，手書き文字，図形・画像（漢字），音声など多様化を求め，信頼性と価格の改善要求も強い。

(5) ソフトウェアについての不満と要求はより強く，システム・ソフトウェアの整備とマニュアルなどユーザ・サポート（サービス）の改善，言語の簡易化，標準化を求め，自然言語及び日本語向き言語体系への要求も多い。一方，スーパー・パーソナルコンピュータではある程度複雑で高度な言語を希望する意見もみられる。そして，ＢＡＳＩＣに対する支持が割合に多い反面，Ada，ＬＩＳＰ，ＰＲＯＬＯＧなどに対する期待も大きい。

(6) 言語の改良と開発については，「データベース・アクセス言語とプログラミング言語の一体化したもの」が一つの平均的希望である。そして，図形，音声，自然言語，対話処理，通信などがキーワードとしてあがっている。

(7) ソフトウェア流通市場の確立，著作権の確立，陳腐化への対処策も求められている。

(8) 将来のパーソナルコンピュータの用途としては，データベース（知的作業の入力），文書作成（同出力），文献検索（同入力），通信ステーション（同入出力）など，情報の処理・加工・流通に関するものが圧倒的であ

る。シミュレーション，CADなど高度の科学技術用も（少数だが）みられる。それらとの関連で，上記(3)～(7)の要求がでている。

(9) 家庭用は業務（仕事）用に比べて少なく，まだ十分イメージができていないようである。

(10) パーソナルコンピュータというとき，単に大形コンピュータの小形化というだけでなく，"パーソナルな知的活動"の意味をよく分析した上で商品化すべきである，といった意見が多い。

上記のような利用者（ユーザ）の希望と要求は，もっとも指摘ばかりであり，技術的な可能性や困難さはともかくとして，供給者（メーカ）としては十分にわきまえるべきである。ただ，ユーザとして将来に対するイメージは十分には熟しておらず，とまどいも感じられた。これは，ユーザ，メーカ両者の意思疎通の不足を意味するものであろうし，今後の発展のために活発な意思疎通の方策が求められる。

多様なユーザの，多様な要求をすべて満たすことは，もとより困難なことであろう。そこで，ハードウェア，ソフトウェアの両面において，簡易機種（大衆型）と高位機種（スーパー型）の二分極化の方向が考えられる。カメラその他の商品にみられるように，バカチョン式とマニア（プロ）向きを区別することは必要だと思われるからである。まして"知的活動"とは，もともとすぐれて個性的なものであるから，二様化（または多様化）は当然の要求かもしれない。しかし両者とも，現状より機能の高さとともに，格段の使いやすさ，なじみやすさを求めていることは確かである。

ところで現時点で考えてみると，コンピュータ，すなわち計算する機械という呼び名自体が，実体に即さなくなったともいえる。つまり，今後の利用分野としては，データベース，文書作成あるいは通信ステーションなどが主流をなし，計算はむしろ副次的な用途とさえいえるからである。歴史的に定着した名称をいまさら急に改める必要もあるまいが，このことは留意すべき点と思われる。

さて，本年度の調査研究に対する委員会としての見方は，第1部中のコメントの項目に詳しく述べた。また，第2部全体もある意味で，より詳しいコメントといえよう。それぞれの立場から批判的に見ながら，参考にして頂きたい。

最初にも述べたように，人間の知的活動とはこの上なく複雑微妙なものであり，それこそが人間の価値の根源をなすものといえよう。従ってサポートのための妥当な手段のあり方を探ることは，誠に難しい仕事である。マイクロコンピュータはますます強力なサポート・ツールになっていく可能性を秘めてはいるが，もとより技術者のみで進展をはかれる問題ではない。下手をすると身勝手なことをやり兼ねない。すべての立場や分野の人びとが知恵を傾けて，しかも謙虚に取組むべき問題である。本報告が"小さな一つの階段"の役割りを果たすことができれば，誠に幸甚である。

昭和５７年　３　月　発行

発行所　財団法人日本情報処理開発協会
東京都港区芝公園３－５－８
機械振会館内
TEL（４３４）８２１１（代表）

印刷所　株式会社タケミ印刷
東京都千代田区神田司町２－１６
TEL（２５４）５８４０（代表）

５６－Ｒ０１４