

海外情報

# パーソナルコンピュータの将来像

—マイコン世界センタに滞在して—

電子技術総合研究所記憶システム研究室長  
国 分 明 男

## 1. パーソナルコンピューティングの世界

最近のパーソナルコンピュータの普及によってコンピュータが専門家だけのものから誰でも使える時代になってきたのは喜ばしいことである。しかしながら、わが国ではパーソナルコンピュータはLSI技術の産物であり、大型機を小さく安価にしたものというハードウェアの側面で認識されている点があるのは残念なことである。これに対して、米国では10年近く前から人間がアイデアや感情を対話する相手としてとらえたパーソナルコンピュータの研究開発が行われてきた。そのようなパーソナルコンピュータの研究開発は、ゼロックス社のパロアルト研究所にいたアラン・ケイ(Alan Kay)博士によるところが大きい。彼は、1976年にダイナブック(Dynabook)という未来の電子ノートともいえるべきパーソナルコンピュータを提唱し、スモールトーク(Smalltalk)という子供でも扱える言語を開発したことで有名である。ダイナブックは、ケイ博士のパーソナルコンピューティングに対するビジョンを示すものであり、携帯可能で、高精度のディスプレイや視覚および音声入出力を含む入出力機器を備え、共用の情報資源にネットワークを介して接続される高性能コンピュータであり、寸法は、ノートブックの大きさであるというものである。また、彼のグル

ープで開発された中間段階のダイナブック(interim Dynabook)の設計思想は、最近次々と発表され、オフィスや設計現場でのワークステーションとして使われようとしているスーパー・パーソナル・コンピュータ(たとえば、スリーリバース社のPERQ、アポロ社のDOMAIN、ゼロックス社のSTARなど)に受けつがれている。

ケイ博士がダイナブックのプロジェクトを組織し、パーソナルコンピュータのユーザとしての子供に関心を持ち始めたころ、MIT人工知能研究所のセイモア・パパート(Seymour Papert)教授を中心としてLogoという子供のための言語が開発されていた。このころは、今日のように誰でも使えるパーソナルコンピュータのハードウェアは存在しなかったので、LogoはDEC社のPDP-10という研究用大型コンピュータを用いて開発が行われた。パパート教授は、スイスの児童心理学者ピアジェ(J. Piaget)の所で仕事をすることがあり、MITの人工知能の研究者達の影響も多く受けている。数学者である彼は、Logoを用いて、「コンピュータが子供を教育する」のではなく、「子供がコンピュータを教育し、その過程を通じて子供が学習する」ことを実現しようとした。このために、コンピュータ科学の最高水準の技術とアイデアを子供が利用できる環境が必要であると主張した。彼の主張は多くの人々に受入れられ、最近では、Logoは、TI社のパーソナルコンピュータやアップル社のパーソナルコンピュータ上

でも走るようになり、世界各地の小学校で実験教育に用いられるようになった。日本語版Logoの開発も進められており、子供達がビデオゲームに熱中するのと同様にLogoを用いたプログラミングに熱中する日が近いことが期待されている。

わが国では、パーソナルコンピュータの分野の研究は研究者の余技あるいは趣味の領域と考えられがちであるが、ケイ博士やパパート教授の仕事が将来のコンピュータ技術の流れに大きなインパクトを与えようとしていることを考えると、正面から取り組むべき研究分野の一つであるのではなからうか。フランスの著名なジャーナリストであり政治家であるセルバン・シュレベール氏によって設立されたマイコン世界センタは、そのような研究分野を対象とした世界的な研究組織である。筆者は、昨年10月から12月にかけて客員研究員としてそこに滞在した。以下では見聞にもとづいて、マイコン世界センタの概要とそこでの活動内容から見たパーソナルコンピューティングの将来像を述べようと思う。

## 2. マイコン世界センタの設立

1980年末に刊行されたセルバン・シュレベール氏の著書「世界の挑戦」の訳者あとがきの中で、NHKの磯村尚徳氏は、セルバン・シュレベール氏は、ジャーナリズムと政治を舞台に、あらゆることに挑戦する「行動の人」として、ヨーロッパでは誰知らない人もない華やかな存在です。と紹介している。「世界の挑戦」の中でシュレベール氏は、オーストリアのクライスキー首相の言葉を借りて次のように述べている。「第3世界にかつて必要とされたのは、鉄道、道路、運河網であり、その完成までには数十年がたつた。しかし今日必要なのは、電気通信網、情報、情報科学、教育、超代近的テクノロジーにもとづく職業訓練である。しかも、これらのネットワークをただちに駆使できるまでに成長したいと望むのは、これらの人々の絶対的権利なのである。また、イギリスのエバンス氏の言葉を借りて、「世界に拡大する大衆教育プログラムを軌道にのせる以外

に、第3世界の低開発国の問題には、解決の道はあり得ない。だが、このような政策は、これまで莫大な費用を要したため、テクノロジー革命が実現するまでは、考えもよばぬことだった。しかしいまや、実質的に無料になるようとしている情報科学、それに教育用コンピュータ市場の拡大によって、情勢はまったく変わろうとしているのだ。」と述べている。以上のような背景の下で、シュレベール氏はミッテラン大統領の支持を受けて、マイコン世界センタをパリに設立した。マイコン世界センタでの研究開発の成果を、第3世界における教育へ応用することによって、第3世界の自立を促進するという世界的視点を持っている。しかしながら、世界的視点といっても、第3世界の中でもとりわけアラブに信を失った米国に代わり、今後はフランスが調整、仲介の労をとり、日本の先端技術にアラブの資本を誘い込もうとする構想ではないかという人もいる。

マイコン世界センタの正式名称は、フランス語ではCentre Mondial Informatique et Ressources Humaines、(情報科学と人的資源世界センタ)、英語ではWorld Center for Microelectronics and Human Development、(マイクロエレクトロニクスと人間開発世界センタ)、日本語では「マイクロコンピュータと人的資源開発世界センタ」であるが、フランス人は略してCentre Mondial Informatique (情報科学世界センタ)と言っている。マイコン世界センタは、筆者の略した言い方である。

マイコン世界センタは、シャンゼリゼ通りと交わり、大統領官邸のエリゼ宮から1ブロックのマティニオン通りに置かれている。通りをへだてた向い側にはフィガロ新聞社があり、近くには有名なブティックやギャラリーが数多くあるパリの中でも最も華やかな所である。現在のところ、地下2階地上9階建てのオフィスビルの6、7階を除く部分を使用している。建物の設計がモダンで複雑であるため、内部に入ると何階に居るのか分からないような構造のビルである。1階のフロアは外部に開放されており、多数のパーソナルコンピュータ(主として米国製のApple II)が置かれ

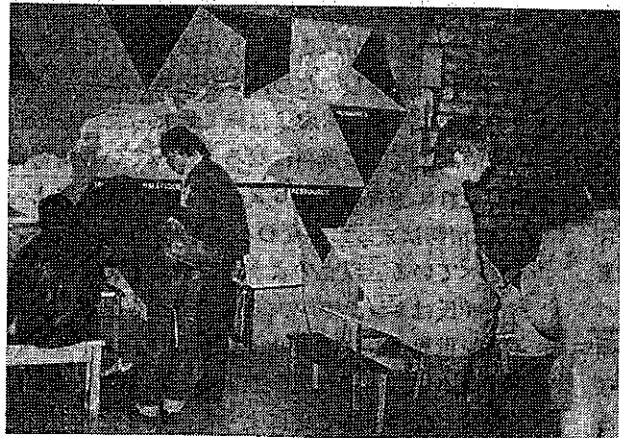


写真1 パソコンと遊ぶ子供達

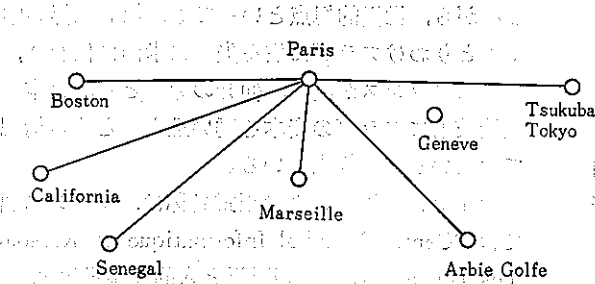


図1 国際的ネットワーク構想

ているので、写真1に示すように連日のように子供達がやってきてフランス語版 Logo を用いたプログラミングやコンピュータゲームを楽しんでいる。また、このような光景を取材にマスコミがひんぱんにやってきて、撮影を行っている。地下にはロビーや会議場があり、会議場にはコンピュータのディスプレイ画面をスクリーンに投影してデ

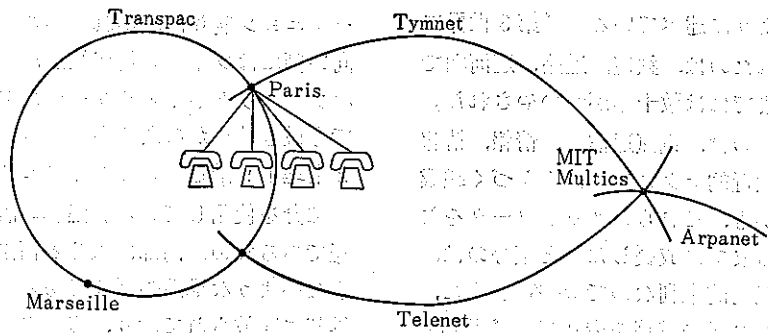


図2 パケット交換網を用いたコンピュータネットワーク

モを行うための設備が用意されている。地下の別室には世界セクタの主コンピュータであるDEC社の20/60も置かれている。2階からは研究部門が使用しており、8、9階は事務管理部門が使用している。

建物の1階と地下ロビーの壁には、図1に示す世界セクタの国際的ネットワークの図が掲げられており、パリの本部を中心に世界各地に同様のセクタを作ろうとする構想が示されている。図中には、Tsukuba Tokyo (筑波研究学園都市のこと) が含まれており、日本への期待を示している。また、日本や米国の他に Arbie Golfe (アラブ湾岸) や Senegal (セネガル) が含まれており、第3世界に対するプロジェクトであることを示している。最近では、この図に記されていないカナダ、パキスタン、コロンビアなどの諸国を巻き込む計画が進行中である。研究室には、国際的ネットワーク構想の一環として、パリ本部とマルセイユ支部間、パリ本部と米国MITの共用コンピュータシステム Multics 間を具体的にどのようなネットワークを用いてリンクするかの、図2に示す構成図が掲げられている。ここで、Arpanet は、米国主要大学間を結ぶパケット交換網である。Tymnet と Telenet は、米国の商業公衆パケット交換網であり、世界各国の国内公衆パケット交換網に接続されているネットワークである。Transpac は、フランスの国内公衆パケット交換網である。

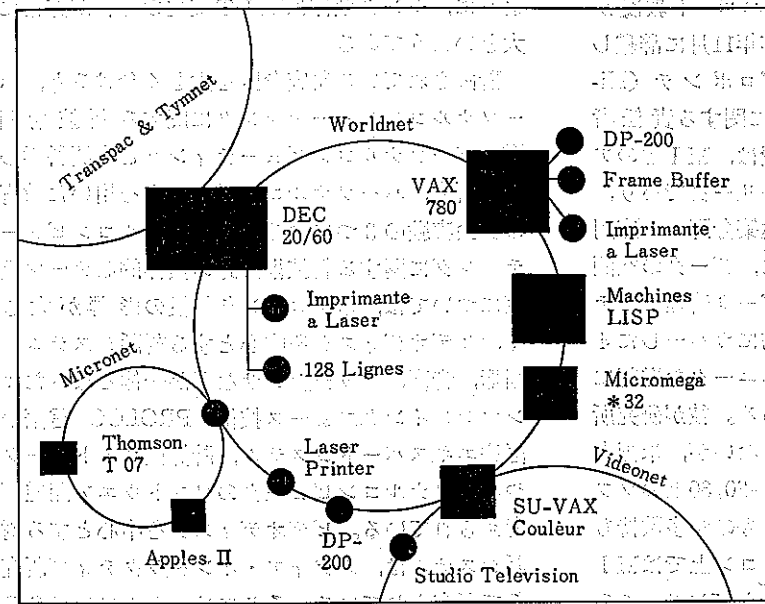


図3 ローカルエリアネットワークの計画図

図3は、同じく研究室に掲げられている世界セクタ内のコンピュータネットワークの構成図である。主コンピュータはDEC社の20/60であり、外部の Transpac や Tymnet とのリンクと内部のローカルエリアネットワーク (Worldnet) の主ノードになる。ノードの1つである VAX-11/780 には、日電の音声認識装置 DP-200、コンピュータグラフィックス用のフレームバッファ、レーザープリンタが接続され、LISPマシン等もローカルエリアネットワークに接続される。マイコン用のローカルエリアネットワーク (Micronet) も考えられており、そこにはトムソンCSF社のT07やアップル社の Apple II が接続され、画像処理用のローカルエリアネットワーク (Videonet) には、画像処理装置や高品位テレビが接続される。

計画と実行の間にギャップがあるのは世の常であるが、フランスでは一般にそれが著しく、上記の構成図についても、現在のところネットワークの部分のほとんどは計画であり、実行までには至っていない。しかしながら、現存する研究設備としては、DEC-20/60 (主記憶2M語)、VAX-11/780 (主記憶1.5Mバイト)、シンボリック社のLISPマシン2台、スリーリパリス社P.E

IRQ1台、ラスステクノロジ社の512×512×24ビットのフレームバッファ1台、日電から寄贈された音声認識装置 DP-200 2台、DEC社のVT 100相当のキャラクタディスプレイ端末約100台、Apple IIを中心とするパソコン数10台が用意されている。ローカルエリアネットワークとして、MIT から導入した Chaosnet があり、それにDEC 20/60、VAX-11/780、シンボリック社のLISPマシンが接続されている。世界セクタの活動は、1982年3月に開始されたばかり

であり、半年ちょっとの期間でこれだけの研究設備を集めた点は十分に評価されるべきであろう。

現在のところ、職員数は70人弱程度であり、そのうちの外国人の割合は30%程度である。外国人の国籍は米国が最も多く、ドイツ、スイス、オランダのヨーロッパ諸国、アルジェリア、セネガル等のアフリカ諸国にちらばっている。残念ながら、日本人は筆者以外にはいなかった。世界セクタの活動のための予算は、1982年度が6千万フラン (約24億円) であり、1983年には倍増したいとの希望であった。また、職員数も100人弱程度に増やす計画であった。予算は全額フランス政府が出資しているが、所管の省庁からまとめてもらうのではなく、複数の関係省庁から個々の研究テーマに対して研究予算をもらう形式になっている。フランスの行政組織の知識が不十分な筆者には、10近くの省庁の名前をあげられてもなぜそうなのか十分に理解できなかった。将来は、国際的ネットワーク構想に参加する国々からや民間企業からも出資を求めたいとのことである。

研究組織は、図4に示すようになっており、総裁は設立者のセルバン・シュレバール氏 (略して JJS と呼ばれる) である。副総裁として、Lo-

go 言語の開発で有名なMITのパパート教授が就任していたが、後述の理由で昨年11月に辞職している。MITのニコラス・ネグロポンテ (Nicholas Negroponte) 教授が研究に関する責任者の立場にある。ネグロポンテ教授は、MITのアーキテクチャマシン・グループのリーダーであり、コンピュータグラフィックスの建築分野への応用に関する研究で有名である。また、データの空間的位置関係に着目した「空間的データ管理システム」や町全体を時間的かつ空間的にカバーした4次元地図「ビデオマップ」などユニークな発想にもとづく仕事を続けてきた人である。彼が研究所長をしているせいいかどうか分からないが、米国人はボストン出身者が多く、DEC-20/60上のソフトウェアもMITで使われているものが多数持ち込まれている。また、多数のパソコン上ではMIT生まれの Logo が主として使われている。その

ように、センタ全体はMIT文化の影響が非常に大きいようである。

計画されている研究分野を大きく分けると、パーソナルコンピューティングに関する新技術開発、パーソナルコンピューティングと人間科学の学際研究、パーソナルコンピュータを用いた教育の社会実験の3つになる。パーソナルコンピューティングに関する新技術分野の具体的なテーマ設定については、ネグロポンテ教授の影響が大きく、ビデオディスクを中心とする対話システム、図形、音声、タッチセンサなどが一体となったマンマシンインタフェース技術、PROLOG 言語や医療エキスパートシステム、計算機ネットワークやパーソナルコンピュータのソフトウェア開発が考えられている。ビデオディスクを中心とする対話システムは、メディア・インタラクティブ研究部で研究されている。そこには、トムソンCSF

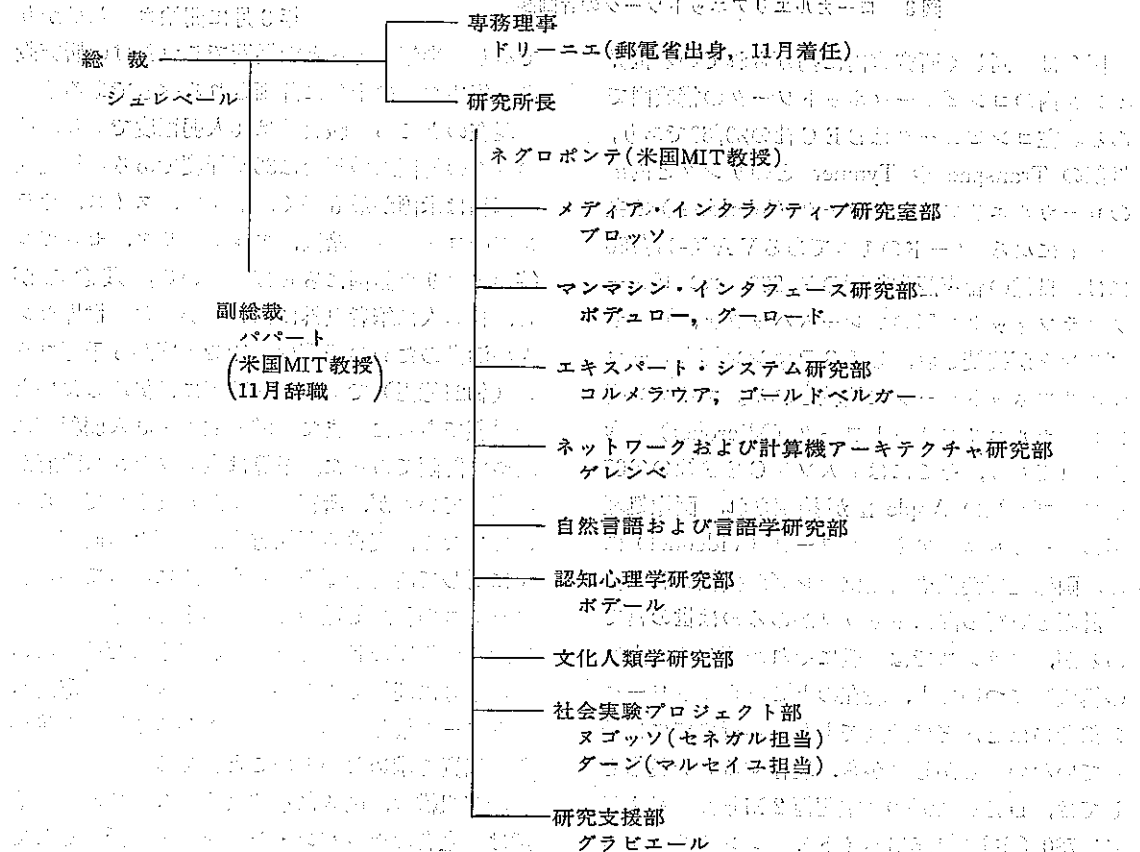


図4 マイコン世界センタの研究組織

出身のビデオディスクの専門家であるブロッソ氏 (Broussaud) がおり、日本製のビデオ機器を購入して実験を開始している。図形、音声、タッチセンサなどが一体となったマンマシンインタフェース技術は、マンマシンインタフェース研究部で研究されている。そこには、ボデュロー氏 (Baude-laire) とグーロード氏 (Gouraud) がいる。2人とも、10年ほど前に米国ユタ大学でコンピュータグラフィックスの研究で博士号を得たフランス人である。特に、グーロード氏はコンピュータで作られた画像に立体感を持たせるための陰影アルゴリズムの開発者として、世界中のコンピュータグラフィックスの研究者に知られている人である。PROLOG 言語や医療エキスパートシステムは、エキスパートシステム研究部で研究されている。PROLOG 言語は、第5世代コンピュータプロジェクトの核言語としてとり上げられているので、わが国でも研究人口が増えてきているが、エキスパートシステム研究部には PROLOG 言語の最初の開発者として知られるコルメラウア氏 (Colmerauer) がいる。彼は、マルセイユで仕事をしていたが、昨年11月にパリに移ってきている。また、医療エキスパートシステムを研究しているアメリカ人の医者ゴールドベルガー氏 (Goldberger) がいる。計算機ネットワークやパーソナルコンピュータのソフトウェア開発は、ネットワークおよび計算機アーキテクチャ研究部で行われている。そこには、ニューヨーク大学で博士号を得たフランス人ゲレンベ氏 (Gelenbe) がおり、わが国でも行われているいわゆるパーソナルコンピュータのソフトウェア開発を行う計画である。開発対象のパーソナルコンピュータとしては、トムソンCSF社のT07などが考えられている。

パーソナルコンピューティングと人間科学の学際研究分野の具体的なテーマ設定については、パパート教授の影響が大きい。この分野は、計画段階の部分が多く、研究者がいて活動を始めているのは、認知心理学研究部くらいのものである。そこには、ジュネーブ大学から移ってきたボデール氏 (Boder) がいて、部内では Logo 言語にオブジェクト・オリエンテッドな機能を加えて子供

研究部	プロジェクト	ダ ッ カ	マル セイ ユ	パ キ ス タ ン
メディア・インタラクティブ				
マンマシン・インタフェース		X		X
エキスパート・システム			X	X
ネットワークおよび計算機			X	
認知心理学				

図5 研究部と社会実験プロジェクトの関係

達に使わせようとしていた。パーソナルコンピュータを用いた教育の社会実験分野については、シュレベール氏とパパート教授の影響が大きい。現在のところ、セネガルのダッカで行われている小学校における実験教育と、フランスのマルセイユで行われようとしている職業訓練の2つのプロジェクトがあり、3番目のプロジェクトとして、パキスタンにおける医療システムの社会実験が検討されている。これらは、社会実験プロジェクト部が担当している。各研究部は社会実験プロジェクト部に、図5に示すように必要に応じて協力するようになっている。たとえば、ダッカのプロジェクトでは現地のウォロフ語を音声合成することによって教育効果を上げようとしており、それにマンマシンインタフェース研究部が協力している。マイコン世界センタは、設立時は研究所の所管であったが、昨年秋に郵電省 (P.T.T.) に所管換えになっている。その理由として、郵電省は財政的に豊かであり、予算のサポートの面で有利であるという説明と、光ファイバを用いたネットワークの大プロジェクトが郵電省によって始められるので、そのプロジェクトに対話性の高いローカルネットワーク技術の分野で参加できるようにするためとの説明がなされている。郵電省自身はCNET (Centre National d'Etudes des Télécommunications) という電気通信分野の研究所を持っているが、それとの違いをどこに求めるかという点については、パーソナルコンピューティングの分野や社会実験分野の仕事は、CNETではやっておらずマイコン世界センタでしかできないと

の説明であった。しかしながら、パパート教授は、これによって、第3世界まで含む世界的視点がなくなり、フランスのためのセンタになってしまおうと受取ったようであり、ついに辞職してしま

### 3. マンマシンインタフェースの研究

ユーザから見ると、人間とコンピュータは相互補完の関係にある。たとえば、コンピュータは大量のデータの高速処理が得意なのに対して、人間は、直観や経験が得意である。マンマシンインタフェースの研究は、おのおのの得意な部分を生かして問題解決を行うために、人間にとってコンピュータをより親しみの持てるようにする研究である。ゼロック社のパロアルト研究所でダイナブック・プロジェクトを推進し、スモールトーク言語を開発したアラン・ケイ博士は、現在はビデオゲームの最大手企業である米国アタリ社の研究部長(チーフサイエンティスト)になっている。彼は、アタリ社における研究テーマについて、次のように述べている。「人間は、コンピュータと対話するための能力を改善したがっており、それには費用を惜しまない。そして、単純で安全でより制御可能な部分の大きい、しかもエキサイティングな世界を望んでいる。したがって、将来のエンタテインメント・エレクトロニクスの核部分は、人工知能の機能を持ち、コンピュータは人間の問いかけに回答したり、人間から与えられた問題にもとづいて判断することができなければならない。

マイコン世界サンタのマンマシンインタフェース研究部では、ケイ博士と同じ状況認識のもとで研究計画が作られている。今までに試みられているのは、図形、音声、タッチセンサなどが一体となったマンマシンインタフェース技術であり、英国製のBBCマイコンにカラーグラフィックディスプレイ装置、その管面上に取り付けられた透明なパネル状のタッチセンサ、日電の音声認識装置DP-200を接続したシステムを

用いて、指でタッチセンサ上に線図形を描くと、その下にあるディスプレイ装置に同じ線図形が現われ、その中の特定の領域を指定した色でぬりつぶしたり、マイクに向かって“three triangles”  
”と言えば、画面上に3角形が3個並んで表示されるようなことを行っている。

筆者は、ネグロポンテ教授が研究部の中で最も強力と自慢するマンマシンインタフェース研究部に籍を置いた。マイコン世界サンタのコンピュータ環境に慣れた後、グーロード氏と相談して、短い滞在期間でできる仕事として、ダイナミック・グラフィックスの研究(フレームバッファ・グラフィックス分野におけるダイナミック・オブジェクトの表示技術の研究)を選んだ。最近の筆者の興味は、特定の機能が非常に強力な専用VLSIと大容量メモリを組合せたシステムにあり、ダイナミック・グラフィックスはそのようなシステムの応用例として最適と考えられるからである。滞在を始めた時点では、フレームバッファ・グラフィックス分野で仕事をしている人は誰もいなく、ラスターテクノロジ社から購入した512×512×24ビットのフレームバッファは棚の上に置いてある状況にあった。これを、VAX-11/780に接続して使えるようにするために、テクニシャンがケーブルを配線し、グーロード氏がラックに取り付けてくれた。写真2のラック最上部がフレームバッファであり、上から2段目がそれ用の高精度カラーディスプレイ装置である。通常がそうであるよ

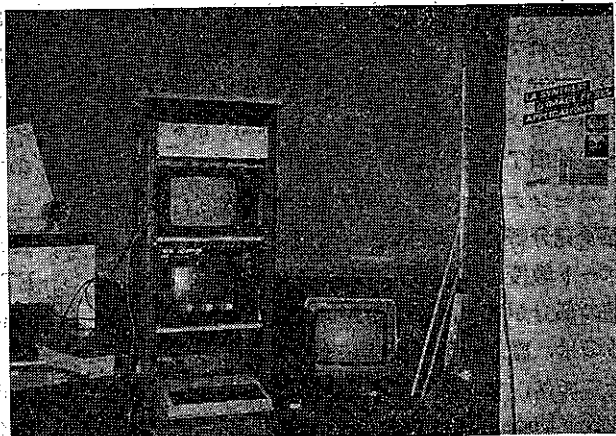


写真2 フレームバッファ・グラフィックスの研究設備

うに、接続すれば直ちに動き出すようなことはなく、インタフェース条件スイッチの設定や結線を変更したりしてハードウェア的に動くようにした。次の段階のトラブルは、VAX-11/780とフレームバッファのプロトコルがしっくり行かない点で、VAX-11/780上のサブルーチン・ライブラリに手を入れることによってやっと動くようになった。テストプログラムが走り、高精度カラーディスプレイ装置に画像が現われるようになると、いろいろな人が見に来るようになった。そのころ、やって来たのが米国ロチェスター大学から帰ってきたばかりのフランス人ナハ夫妻であり、アーティストであると紹介された。その後は、筆者が種々の手法にもとづいて動く図形のプログラムを作り、ナハ夫妻はコンピュータグラフィックス作品のためのプログラムを作るということで、最後までフレームバッファを共用することになった。マイコン世界サンタ内には実験心理学者もおり、日ごろこれらの分野の人々ときき合いない筆者にとっては、自分の持っている価値感を客観的に知る上で非常に興味深い経験となった。

最終的には、筆者は種々の手法にもとづいて動く図形のデモンストレーションをしたが、それによって明らかになったことは、高速に図形を移動させるとき、インタレースモードの画面では線が2重に見えるインタレース妨害(Interlace Interference)と呼ばれる現象である。現在のビデオゲーム機器では、インタレースモードが用いられず、画面あたりの走査線数が200本前後と普通のテレビと比べて半分以下になっているのは、この現象を避けるためであると考えられる。しかしながら、走査線が少ないと、図形がギザギザになったり、細かい物体を表現するのが困難になるなどの問題が生じる。マンマシン・インタフェースをさらに改善するために、将来的には、このような問題点を解決するための何らかの工夫が必要となるであろう。

### 4. パーソナルコンピュータの将来像

最近では、マイクロプロセッサは16ビット時代

に入り、32ビットのマイクロプロセッサもいろいろと発表されるようになってきた。また、メモリチップは64Kビット時代の全盛期であり、256Kビット時代も間もなく始まろうとしている。さらに、ヒューレット・パッカド社が2年前から開発を進めていた45万素子(普通の16ビットマイクロプロセッサの約10倍)の集積度の32ビットマイクロプロセッサを用いたスーパー・パーソナルコンピュータの販売が開始されており、1985年には100万素子のマイクロプロセッサが出現するとの予測もされている。そのような、LSI技術あるいはVLSI技術にもとづくパーソナルコンピュータの将来像を描くことは容易である。たとえば、32ビット・マイクロプロセッサが普及し、上位ミニコンや下位メインフレームを越える性能のシステムが出現するなどである。しかしながらこれらは、既存のものをLSI化して小さく安価にしたというイメージである。すなわち、既存のもの

のリプレースである。これに対して、最近ではこれらの下地の上に新しい概念を築き上げようとしているものがある。それはワークステーションという考え方である。オフィスでは、今まで机の上で行われていた作業をすべて電子化してしまい、電子事務機にたとえられるオフィス・ワークステーションの画面上で、ファイリング・キャビネットの絵とその中のファイルを順次、マウスと呼ばれるポインティングデバイスで指定して、書類を画面上で見たり、内容进行操作したり、また元の所に格納したりという普通のオフィスでやっているのと同じように仕事をすることが可能になってきつつある。設計現場では、設計作業を紙の上ではなくディスプレイ装置上でコンピュータと対話しながら進めるという電子設計機にたとえられるエンジニアリング・ワークステーションが出現している。また研究者には、LISPマシンのような研究用ワークステーションが与えられようとしている。これらのワークステーションは、単独に存在するのではなく、ローカルエリアネットワークに接続され、共用の情報資源にアクセスしたり、他のワークステーションと通信

することができるようになってい

シュレバール総裁は、新聞記者に対して「1～2年以内に100ドル程度のマイクロコンピュータを開発し、開発途上国の諸問題を解決するのに役立つ。」と言っている。これは、大衆向けに分かりやすくするために言っていることであり、実際にはマイクロコンピュータ本体はともかく、使いものになる教育プログラムを乗せるとすれば、メモリや周辺機器のことまで考えなければならないので、当分はそのようなことは実現されないであろうと思われる。マイコン世界センターが考えているパーソナルコンピュータの将来像は、本当はどのようなものであろうか。それは、ケイ博士が

ゼロックス社のパロアルト研究所で夢見たダイナブックに近く、子供達のための電子学習機にたとえられる高度なスクール・ワークステーションのようなものではないかという気がする。いろいろな人から話を聞いても明確なイメージは出てこなかったが、図6に要約して示すマイコン世界センターの研究分野全体から読みとれる結論はそれしかないようである。

最後に、筆者の滞在を可能にして下さった、通産省機械情報産業局、工業技術院、パリ・ジャパントレードセンタ、電子技術総合研究所の関係各位に厚くお礼を申し上げる。

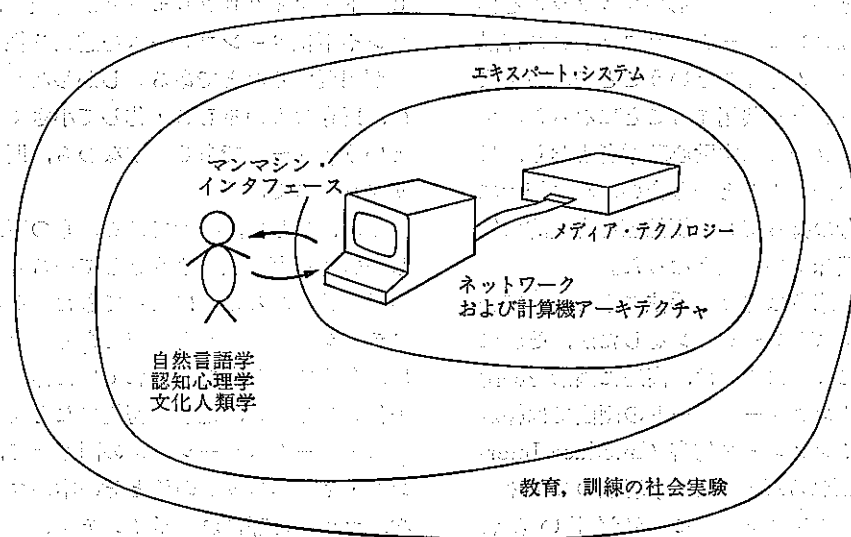


図6 マイコン世界センターの研究分野