

パネル討論：マイクロコンピュータの過去・現在・未来

パソコンとワークステーションの発展

石田晴久

東京大学大型計算機センター

1. はじめに

1971年にマイクロプロセッサ(マイコン)が生まれて以来、マイコンはいろいろな分野でさまざまに応用されてきた。その中でここで取り上げたいのは、マイコンを中央処理装置として使うパソコンとワークステーション(WS)である。

幸いにして筆者はマイコンの誕生直後からこの分野に関心をもち、マイコンや(WSのOSである)UNIXについて、わが国で初めてのユーザとして最初の本を書いたり、その発展をまのあたりにする幸運に恵まれた。

振り返ってみると、マイコンは当初は研究者のオモチャとみられていたキライがある。しかし近年、パソコンやWSの性能が上がるにつれ、いわゆるダウンサイジングの現象が生じはじめ、これらの小型機が改めて重要視されるようになりつつある。ダウンサイジングにはネットワークも必要であり、その上での分散処理も注目されている。その中で興味深いのは、上位パソコンと下位WSの境界である。ここではコスト性能比はWSの方がむしろよいため、その選択は困難になっている。

いずれにせよ、過去20年のパソコンとWSの発展は急ピッチであったが、その最先端でわれわれ日本の研究者がどれだけ寄与してきたかを考えると、はなはだ心もとない。本稿では、これまでの発展についてのべ、将来の展望も行うが、それはわれわれの寄与が少なかったことへの反省をこめてである。

2. パソコンの発展

パソコンの発展をみるには、具体的なハードウェア製品およびソフトウェア製品がどう変わってきたかをみるのが最もよい。そこで表1にパソコン関係の主な製品がどのように開発されてきたかをしめす。ただし*記号のついた項目はワークステーション関係である。この流れにみられる主な発展動向を次のとおりである。

- ①パソコンの心臓部であるマイクロプロセッサ(マイコン)の性能が徐々にではあるが、高速になり強力になってきた。
- ②メモリ(主記憶)は非常に大きくなりつつある。
- ③固定ディスクも驚異的に大容量化してきた。CD-ROMや光磁気ディスクも実用化されつつある。
- ④パソコンの形はデスクトップ型、ラップトップ型、ノートブック型と多様化し、小型化してきた。しかしネットワーク内のサーバとして使われるパソコンはむしろ大型化している。
- ⑤OSは1982年頃以来、MS-DOSが主流になっている。しかし最近ではWindows, OS/2, NetWare(ネットワーク用OS), MacOS(最新版はSystem 7)などと多様

化の傾向もある。

⑥応用ソフトウェアでは、日本語ワープロの「一太郎」、表計算のLotus 1-2-3などの定番がきまってきた。ただ金銭的にはCADソフトや各種ビジネスソフトの売上げが大きいといわれる。

次にこれらの傾向をもう少し細かくみてみたい。

(1)8ビット型から16ビット型へ、さらに32ビット型へマイコンの集積度(ワンチップにのるトランジスタ数)の推移を表2に示す。パソコンで使われるマイコンは今のところインテル社の独占状態にある。80486や80586が80386とソフト的に互換性があるのに、集積度が大幅に上げられているのは、周辺回路の取り込み、キャッシュ・メモリの増大、回路の並列化による高速化、などのためである。また各機種のチップについては、年とともにチップのサイズは小さくなり、クロックは上がってゆく。

一方、メモリ・チップは下のリストに示すように、3年で容量が4倍になるという傾向が続き、これを反映して、パソコンのメモリ容量は2年毎に2~3倍に増えている。

チップ	試作成功	量産開始	パソコンに採用	32個で
64Kbits			1982年	256KB
256Kbits			1985年	1MB
1Mbits		1986年	1988年	4MB
4Mbits		1989年	1991年	16MB
16Mbits		1992年(?)	1994年(?)	64MB
64Mbits	1990年	1995年(?)	1997年(?)	256MB
256M~4Gbits	~2000年(?)	1998年(?)	2000年(?)	~4,096MB~

次にこれらのチップがどう実装されてきたかをみる目的で、わが国のベストセラー機であるPC9800シリーズにつき、クロック数やメモリ容量の範囲などを表3にあげておく。伸び方は一律ではないが、クロックは徐々に、メモリの上限はかなり急激に増えていることが分かる。

(2)補助記憶装置の容量増大

前記のメモリ上限の増大以上に伸びの著しいのがディスクである。PC-9800の場合、内蔵ディスクの容量は次のように増えている。

1984-5年	10MB
1985年	10-20MB
1986年	20MB
1987-9年	20-40MB
1990年	40-100MB
1991年	40-1, 200MB(1.2GB)

表1 パソコンとワークステーションの発展史

1969年	*UNIXの開発をベル研で開始
1971年	*最初の4ビット型マイコン4004をインテルが発表
1974年	8ビット型マイコン8080をインテルが発表 マイコン用BASICインタプリタをビル・ゲーツ（後にマイクロソフト=MS）が開発
1976年	Z80プロセッサをザイロクが発表、TK80キットをNECが発売
1977年	8ビット型パソコンApple発売
1978年	16ビット型マイコン8086をインテルが発表
1979年	日本初の普及型パソコンPC-8001をNECが発売。Z80とMS-BASICを採用
1981年	初の16ビット型パソコン、ザPCをIBMが発売。8088使用。OSとしてMS-DOSを採用
1982年	*初の普及型ワークステーション(WS)をサンが発売。パークレー版UNIXとイーサネットを標準装備 16ビット型パソコンPC9800をNECが発売。8086とMS-DOSを採用 上位16ビット型マイコン80286をインテルが発表
1983年	表計算ソフトLotus 1-2-3発売
1984年	初のマルチウィンドウ型パソコンMacintoshをアップルが発売。68000採用 TRON計画が坂村の提唱でスタート
1985年	初の32ビット型マイコン80386をインテルが発表 IBM PC/AT発売。80286採用。以後IBM互換機ブームおきる 日本語ワープロソフト一太郎をジャストが発売
1986年	レーザーライタをアップルが発売。 ページ記述言語PostScriptを採用。 初の32ビット型パソコンDeskproをコンパックが発表。80386採用 *日本初の普及型のUNIXベースWS=NEWSをソニーが発売 ラップトップ型パソコンJ3100を東芝が発売。重さ7kgのIBM互換機
1987年	IBMがPS/2シリーズ発表 日本初の32ビット型パソコンPC9800 XL2をNECが発売
1988年	OS/2をIBMとMSが発表 *NeXTワークステーション発売。オブジェクト指向技術の普及始まる
1989年	ノートブック型パソコンDynabookを東芝が発表 高性能32ビット型マイコン80486をインテルが発表
1990年	IBMがDOS/V発表（MS-DOSのVGA版） 80486搭載のPC98-100（NESAバス）をNECが発表
1991年	Windows3.0を各社が発売 パソコンLAN用OS=NetWare386をノベルが発売

表2 マイコンの集積度の向上 (*は現在よく使われているもの)

チップ	集積度	クロック (MHz)	最大メモリ	発表年	メーカー
4004	2,200	0.1	0.64-4KB	1971	インテル
8008	2,300	0.05-0.08	16KB	1972	インテル
8080	4,800	0.5-1	64KB	1974	インテル
6502		1	64KB	1975	モステック
Z80	8,400	4	64KB	1976	ザイログ
8086	29,000	5-8	1MB	1978	インテル
68000	75,000	8	16MB	1980	モトローラ
80286	130,000	6-20	16MB	1982	インテル
*80386	275,000	16-40	4096MB	1985	インテル
68020	300,000	16-25	4096MB	1986	モトローラ
68030	300,000	16-40	4096MB	1987	モトローラ
*80486	1,200,000	25-50	4096MB	1989	インテル
80586	4,000,000(?)			1992(?)	インテル

表3 PC-9800シリーズの発展

	マイコン	クロック	メモリ
1982年	86	5MHz	128-640KB
1983年	86	8MHz	128-640KB
1984年	86	8MHz	256-640KB
1985年	V30, 286	8-10MHz	256KB- 7.5MB
1986年	V30, 286	8-10MHz	384KB- 7.5MB
1987年	V, 286, 386	8-16MHz	640KB- 9.5MB
1988年	V, 286, 386	10-16MHz	640KB-12.6MB
1989年	V, 286, 386	10-33MHz	640KB-27.5MB
1990年	V, 386, 486	16-25MHz	640KB-33.5MB
1991年	V, 386, 486	16-33MHz	640KB-45.6MB

1991年にディスク容量が一挙に1.2ギガバイトにも達したのは、ネットワーク用サーバが出現したからである。一般パソコン向けの外付けディスクも200ないし300MBのものが安くなりつつある。光磁気ディスクも径3.5インチで128MBのものが普及しようとしている。5インチ型なら容量は両面で600MBに達する。

一方、フロッピー・ディスクは1982年当時は8インチで、その後は5.25"から3.5"と小型化したがる、容量は相変わらず1.2/1.44MBで進歩していない。

(3) マルチウィンドウ表示

アメリカではMS-DOSで動くWindows3.0が普及しようとしているが、わが国ではいくつかの問題がある。ひとつはハイレゾ（高解像度）ディスプレイが普及していないことである。640×400ドット程度の表示ではマルチウィンドウはほとんど使えないものにならない。幸い17"で20万円程度のハイレゾ・カラー管も出てきたから普及の望みはある。第2は現在のパソコンではメモリやディスクの増設が必要なことである。ビジネス・ユーザ用にはWindowsインストール済みのパソコンが増える必要があろう。

第3は、日本語の輪郭線（アウトライン）フォントである。英字ならソフトウェアでもかなり高速に文字の拡大縮小ができるが、漢字の場合は、この目的のLSIをのせた回路ボードが必要となる。しかしその標準化や標準装備は今後の課題といわなければならない。第4はWindows向けの応用ソフトが少ないことだが、これは徐々に増えるであろう。

(4) ネットワーク機能

ダウンサイジングの影響でネットワークが重要視されるようになった結果、パソコンが次のようなネットワークにつながることが多くなった。

- TCP/IPネットワーク（ホストはUNIXが主）
- NetWare 386(OS)・・・小規模ネットワーク
- LANマネージャ・・・OS/2パソコンをサーバとする中規模ネットワーク

こうしたネットワークで現在主に行われているのは、ファイル・プログラム・プリンタなどの共用およびホストへのリモート・アクセスである。パソコンをネットワーク（とくにイーサネット）につなぐためのハード/ソフトは合わせて10万円前後と安くなってきている。

3. ワークステーションの発展

表1に示したように、ワークステーション(WS)関係では、その開発に先だってミニコンやスーパーミニコン向けに開発されたUNIXが存在し、それをOSとしてWSが開発されるという形の発展があった。WSで特徴的なことを次にのべてみよう。

(1)中央プロセッサが高性能である。とくに1987年以降、RISC(Reduced Instruction Set Computer)方式のチップが使われるようになって、性能は向上した。例えば、

ベストセラー機のサンWSの場合、その性能は表4のように向上してきた。

有力なRISCチップとしては、次のものがある。

- SPARC・・・サン、富士通、東芝など
- MIPS・・・DEC、NEC、ソニーなど
- HP-PA・・・HP、日立、三菱、沖
- Power・・・IBM、Apple（予定）
- 88000（モトローラ）・・・オムロン、日本データ・ジェネラル

このうちHP-PAは最高周波数66MHzで公称76MIPSと高速である。今後は100MIPSへ向かっての競争があろう。なお、パソコンではインテルの386系チップが独占状態なのに、WSでいろいろ異なるプロセッサが使えるのは、OSが（ソース・コードのオープンな）UNIXだからである。UNIXがなかったら現在のRISCは成り立っていなかったに違いない。

(2)メモリもディスクも大きい。現在のWSではメモリは少なくとも8MBか16MBある。ディスクは200～400MBは普通で、サーバ用WSとなると、52GBものディスクのつくものがあるから、ディスク容量は事実上いくらでも増やせるといい。これではダウンサイジングが起きるのは当然である。

(3)補助記憶としては、カートリッジ・テープ（記憶容量150MB程度）、DAT（Digital Audio Tape, 1GB）、8ミリビデオ・テープ（2～5GB）のほか、CD-ROMも使われている。CD-ROMだと1枚にUNIXがマニュアルとともに入ってしまうから、今後はソフトウェア配布媒体として普及しそうだ。

(4)ディスプレイは1000×1000ドット程度のハイレゾである。ただし低価格機では表示はカラーでなくモノクロとなる。さらにマウスが標準装備されている。これらはパソコンと異なるところである。マルチウィンドウ表示には、MITで開発されたXウィンドウがほぼ標準的に使われる。WSの高い表示能力はグラフィックスやCADにも向く。

(5)イーサネットへのインターフェースが標準装備されていて、TCP/IPプロトコルでネットワークにすぐつなげる。このため、クライアント・サーバ・モデルにもとづく分散処理ソフトウェアが続々と開発されつつある。

表4 サン・ワークステーションの発展

	プロセッサ	クロック	MIPS	メモリ
1983年	68000	10MHz	0.5	
	68010	10	0.6	1-4MB
1985年	68020	16	2	4-16MB
1986年	68020	25	4	8-32MB
1987年	SPARC	16	10	8-128MB
1989年	SPARC1	20	12.5	8-16MB
	SPARC1+	25	16	8-56MB
1990年	SPARC-GX	33	22	32-128MB
	SPARC2	40	28.5	16-96MB

WS/UNIXベースなら、LANや全国ネットワークが構築しやすい。大学などでは国際ネットワークへの接続も行われている。

(6)オブジェクト指向プログラミングが実用化されつつある。代表例はNeXT社のNestStepである。その中のインターフェース・ビルダーではGUI (Graphical User Interface) を視覚的プログラミング手法に似た形で開発できるようになっている。

4. 日本人研究者のパソコン/WSへの貢献

以上のべたように、パソコンおよびワークステーションはこの20年間に素晴らしい発展してきたが、その基本技術はほとんどすべてアメリカ伝来である。例えば、次のものはすべてアメリカ生まれといえる。

概念・・・マイコン、パソコン、WS、GUI (マルチウィンドウ)、オブジェクト指向、クライアント・サーバ・モデルなど

OS・・・MS-DOS、OS/2、UNIX、X、Windows、NetWare 386、MacOS、System7

言語と処理系とツール・・・BASIC、C、PostScript、NextStepなど

ネットワーク・・・イーサネット、FDDI、分散処理など

PDS (Public Domain Software)・・・TeX、LaTeX、emacs、GNUシリーズなど

それでは、日本でわれわれは何をやってきたのかというと、それは次のようなことであろう。

(1)ハードウェアの製造・・・メモリ・チップ、ディスク、ディスプレイ (含液晶型)、レーザプリンタなど。

ただしプロセッサ (マイコン) やソフトウェアの固まりであるルータはアメリカ主導である。

(2)アメリカの技術の導入・消化と普及および互換機の製造

(3)日本語処理系 (ワープロ・ソフトなど) の開発

(4)外国のソフトウェアの日本語化

この中でわが国独自の技術といえるのは上記(3)位である。このため、わが国から外国に出せる独自アイデアは少ない。例えば、UNIXの標準化をめぐる、UI (UNIX International) とかOSF (Open Software Foundation) などのコンソーシアムができ、わが国のメーカーもそれらに参加しているが、RFT (Request for Technology) に対して、わが国から出せる技術は上記(3)位しかないのが現実である。

この事態を改善しようという努力のひとつとして、表1にのせたように、1984年以来、坂村氏らがTRON計画のもとに日本独自の技術やWSの開発を試みているが、まだ商業的に成功するところまではいっていない。日本がどのようにして独自の概念 (アイデア) や技術を生み出して世界に寄与できるかは、将来の大問題である。マルチメディア技術はそのような期待のできる分野かもしれない。

5. パソコンおよびWSの将来

パソコンやWSが今後どのように発展してゆくかを予想するのは、非常に困難であるが、ここでは西暦2000年位を念頭において考えてみることにする。

(1)プロセッサ (マイコン)

プロセッサには80386やVAXのようなCISC (Complex Instruction Set Computer) 方式のもの、すでにのべたRISCとがあるが、スーパースケーラー (回路の並列化) 技術の発展とともに、今後CISCとRISCと差はだんだんなくなってゆくと考えられる。

現在パソコン用のCISCを独占しているインテル社によれば、386系のマイコンの集積度は図1のように2年で2倍、8年で16倍に伸びそうだという。そうすると2000年代初期には5,000万ないし1億(108)となり、マルチプロセッサやビデオ圧縮・復元回路もワンチップの中に入りそうだという。クロックは上位機では250MHzで2000MIPSになりそうだというからすごい。ただしこれは単なる予想である。

(2)メモリとディスク

メモリ素子は、すでにのべたように、これまで3年で世代が変わって4倍になるというサイクルを繰り返してきた。これが、あと9年続くとすると、メモリ素子は現在の4Mビットから16M、64M、さらに256Mビットということになる。そうすると2000年代初期には、パソコンで40~300MB、WSでは512MB~8GBと、後者では現在のディスク並みということになるが、果たしてどうか?

ディスクもギガバイト・クラスに発展すると思われるが、小型ディスクの代換えとして興味をもたれるのが、フラッシュメモリと呼ばれる不揮発性半導体メモリである。これを使ったICメモリ・カード (クレジット・カード大) は、まだ高価格だが、すでに1枚で4~8MBのものでできている。これが256~512MBで安くなれば、ノートブック型パソコンのディスクとして使えるようになるはずである。

(3)ディスプレイとプリンタ

ディスプレイは進歩の困難な (遅い) 分野である。さしあたりの期待は640×400ドット程度のカラー液晶プリンタが安くなって普及することであろう。2,000×1,125 (実質1,840×1,024) ドット程度のハイビジョン管の普及も楽しみである。

画面の大きさは、A4サイズ (21×30センチ) の情報を横に2枚並べたいとすると、画面は42×30センチ、対角線でいえば51センチ=20インチとなる。解像度は、G3ファックス並みの200dpiを要求すると3,300×2,400ドットとなるから、ハイビジョンでも解像度は足りない。ディスプレイの進歩はまだまだ必要なのである。

ディスプレイに関してもうひとつ望まれるのは、表示と印刷 (プリンタによる) の同一化 (WYSIWYG=What You See Is What You Get) の徹底である。現在のDTP (卓上出版) では、これはPostScriptなどの利用で実現されている。将来は画面上で、もっと簡単に文字や図形が拡大縮小できて、それがそのまま印刷できるようにならないといけない。

(4)マルチメディア技術

ムーアの法則

— トランジスタ数, 2年ごとに倍増 —

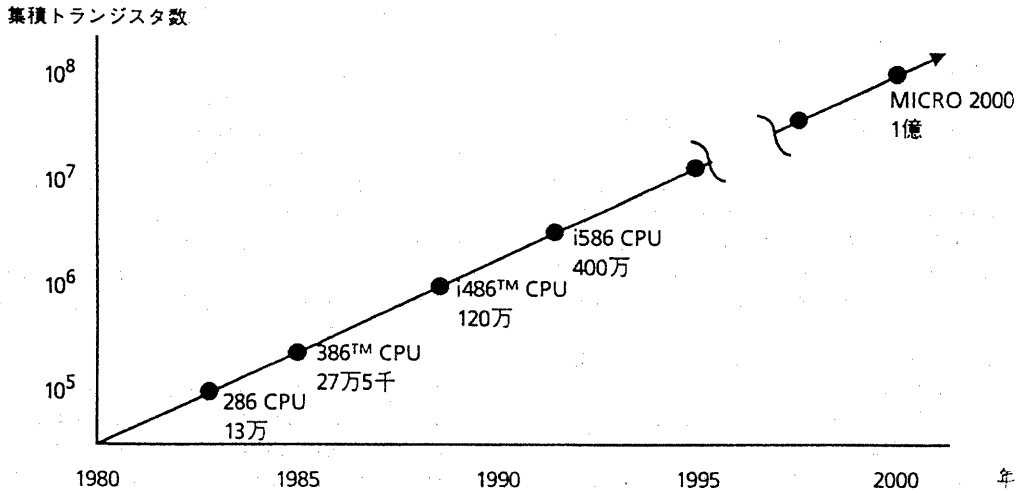


図1 マイコンの集積度の向上 (インテル社による)

コマンド	Pen Windows ジェスチャー	Pen Point ジェスチャー
テキスト 選択		
テキスト 編集		
空白挿入		
改行		
削除		

図2 ペン入出力用のジェスチャーの例
(ジャスト・モアイ誌 1992年1月号より引用)

将来のパソコン/WSが高速になり、メモリもディスクもディスプレイも高性能になるとすると、当然求められるのが、音声・音楽・カラー写真（静止画）・ビデオ（動画）などのマルチメディア情報の処理である。これの普及には、最近開発の進んでいる画像圧縮用LSIの標準装備が必要であろう。そのほか、CD-ROMドライブ、マイク、スピーカー、画像スキャナ、テレビ表示回路、テレビカメラなどもパソコン/WSに付加する必要があるから、一般化をはかるのは、容易ではないであろう。ソフトウェアの開発にも手間がかかる。

パソコン/WSでさしあたり可能にすべきことは、ひとつのウィンドウの中でテレビがみられるようにすることや、ネットワーク上の2台のマシンの間で簡単なテレビ会議ができるようにすること、などである。

(5) オブジェクト指向

マルチウィンドウに加えて、マルチメディア情報を扱うとなると、オブジェクト指向プログラミングがいよいよ重要になる。Windowsの応用プログラムでは、DDE (Dynamic Data Exchange) やOLE (Object Linking & Embedding), NewWaveではホットリンク、Mac用のSystem7ではPublish & Subscribeといったオブジェクト指向技法がすでに使われている。UNIXではNextStepのほかに、サンとHPなどによるDOMF (Distributed Object Management Facility) 開発の成果も期待される。

(6) ペンタッチ方式の可能性

ペン入力を使うコンピュータ機器は、これまでわが国のメーカーでも研究化され、商品化されてきているが、それらはいずれも、各社独自のクローズドな方式のものであった。今後求められるのは、もっとオープンな方式のペン・ベース・システムである。

ペン入力では、手書き文字認識もさることながら、図2のようなジェスチャー入力の利用も面白い。あと必要なのは、固いガラスの上に固いペンで書くのではなく、柔らかみを感じさせる面の上に、せめてボールペン並みの感触で書けるハードウェアの開発である。

(7) ネットワーク応用

WSはイーサネット(10Mbps)に接続されるのが常だが、今後は100MbpsのFDDIに直接つなぐのもだんだん容易になる。パソコンもLANにつながる機会が増えると思われる。方式としては今後はパソコンによる無線LANや広域の無線通信・移動通信も盛んになりそうである。今後数年のうちには、今の64Kbpsや1.5MbpsのISDNに加えて、150Mbpsや600MbpsのB-ISDNのATM方式による超高速通信も可能になる。150MbpsといえばFDDIを上回る速度で、そうするとLANは1000Mbpsすなわちギガバイト/秒へ進むに違いない。

ネット応用ソフトウェアの面では、ユーザがグループで使うグループウェア（電子メール、電子掲示板、各種予約、共同作業用プログラムなど）が重要になる。分散処理の面では、クライアント・サーバ方式のソフトウェアが増えるであろう。この面ではまだまだ新しいアイデアが求められる。

(8) 極超小型パソコンの可能性

パソコンを小型化する場合、プロセッサやメモリは半導体で小さくできるからいいとして、問題になるのはディスプレイとキーボードである。そこでディスプレイの小型化には、プロジェクション方式をとるか、あるいはReflection Technology社のPrivate Eyeのような超小型ディスプレイ（中をのぞきこむと大きくみえる）を作るかの手がある。

キーボードについては、ペン入力をとる手もあるが、仮想現実の技術により、空間でキーを打つ動作をするだけで入力ができる方式をとることで、キーボードを省く手が考えられる。他のパソコンとのやりとりには、無線通信を使えばよい。

パソコンの極超小型化にはまだ研究すべきことが多いのは、現在最軽量の1kg程度のパソコン（FM-RカードやPC9801NLなど）の半分位の重さのものは作れるのではなかろうか？

(9) マルチプラットフォーム

今後、ハードウェア的には、パソコンとWSの区別は判然としなくなる代わり、プロセッサの面でもOSの面でも、応用ソフトウェアはマルチプラットフォーム対応にせざるをえなくなってくるであろう。

まず、プロセッサとしては、80386/486系のプロセッサのほかに、パソコンにもRISC（しかもマルチプロセッサ）が入ってくる。MS社がWindows 3.0にOS/2やLANマネージャの機能を付加したWindows NTというOSをRISCでも動くように開発中だからである。サン・マイクロシステムズはSPARCチップで動いているUNIX(SunOS)をSolarisという名でパソコン（とくにIBM互換機）でも使えるようにしようとしている。IBMはAppleと組んで新しいOS（通称Pink）を開発中であり、この連合軍から何が出てくるかは大いに注目される。

この結果、パソコンのOSとしては、次のようなものが揃うことになる。

MS-DOS（下位パソコン用）
DOS/V（IBM互換機用）
Windows, Windows NT
OS/2
System 7（マッキントッシュ用）
UNIX・・・UI版, OSF版, Solarisなど
Pink (IBM+Apple で開発中)

こうなると、ソフトウェア・ハウスやユーザとしては、どれが有力になるかを慎重に見定める必要が出てくる。

(10) 新しいユーザ・インターフェース

現在および近い将来のパソコンでは、ユーザ・インターフェースはGUI、すなわち、マルチウィンドウ、マウス、メニュー、アイコン、スクロール・バー、対話ボックスの組合せがどのマシンでも使われそうな情勢になっている。しかし、これは基本的には1970年代にゼロックスのパロアルト研究所で開発されたものである。

現在のパソコンはWindowsにしても、過去からの互換性を保っているせいもあって素人にとっては必ずしも使いやすいものではない。そもそもコンピュータで行

う処理が複雑なことを考えると、素人でも簡単に使える方式が存在するかどうか、すら今はわかっていないといえよう。他方、今の方式が最良という保証もないから、このテーマは、AI（人工知能）の応用も含めて、大いに研究する必要がある。通産省のFRIEND21計画は新しいユーザ・インターフェースを追求する研究プロジェクトの一例である。

(11)最後の難関は「ことばの処理」

今後、パソコン/WSの性能が上がってくると、同音異字の正しい「かな漢字」変換、手書き文字や音声（話しことば）の認識、外国語の翻訳や通訳といった、ことばのコンピュータによる自動処理への期待がますます高まるものと思われる。しかし、ことばの処理は人間頭脳特有の機能を使うものであり、コンピュータによる自動化はきわめて難しいから、慎重に取り組む必要がある。

むしろ完全自動化は狙わないで、日本語ワープロのようにマン・マシンで対話しながらうまく仕事が進められるシステムを作ることが重要であろう。

6. おわりに

パソコンおよびワークステーションは、超小型機（ポケット型）、ノートブック型、ラップトップ型、卓上型、サーバ型とますます多様化し、それぞれに性能が向上してゆくことは確実である。ほんとに小さなパソコンでも相当な能力をもつ時代がくるに違いない。

それとともに、すべてのことがマルチ化する。マルチプラットフォーム、マルチOS、マルチメディアなど。したがって応用毎に最も適当なOSや応用プログラムを作ったり、選んだりできる能力が重要になる。

高性能の小型コンピュータをこれからどのような応用にどう使っていくかについては、われわれは豊かな想像力を駆使してゆかねばならない。

アメリカの場合、企業研究所や大学からは、次のように、いろいろな概念や技術が生み出されてきている。次世代の発展に備えて、わが国もいかに新しいアイデアを生み出すかを考える必要がある。

ベル研究所	UNIX, C, C++
ゼロックスPARC	GUI, WS, イーサネット, レーザプリンタ, PostScript 原型, オブジェクト指向
加大バークレー校	BSD-UNIX, RISC方式, クライアント・サーバ・モデル
MIT	Xウィンドウ, Kerberos (認証 システム), クライアント・サーバ・モデル
カーネギーメロン大	Mach (マルチプロセッサUNIX) マイクロカーネル
産官軍学連合	インターネット (TCP/IPプロト コル)