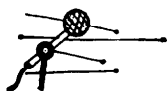


講演



エントリ・システムの現状と将来動向†

三井 信雄††

1. はじめに

1991年は、1981年8月12日にIBM-PCが誕生してから、ちょうど10年目に当たった。

今や、PC（パソコン）やワークステーションは、企業、学校、家庭を問わず、現代社会のあらゆるところで、個人が情報の世界にアクセスする窓口、つまり現代社会におけるエントリ・システムと位置づけられるようになってきた。このエントリ・システムの飛躍的な発展を支えてきたテクノロジーの進歩と、今後の方向について、少々詳しく述べてみよう。

2. コンピュータ産業におけるエントリ・システムの発展

2.1 PC

PCは、当初機能においても使い方においても単純なものであったのが、現在では、非常に複雑で、高度な仕事までこなせるシステムになっている。しかもその反面、価格は下がっている。1982年1月当時の標準的なPCと同じ機能の物を、1990年のテクノロジーで作ると、実に22%、5分の1近いコストでできてしまう。

この急激な価格対性能比の向上を背景にPCは過去10年間に急成長した。1989年には、PCの売上げが大型機の売上げをしのぎ、1990年には、PCは、コンピュータ・ハードウェアの売上げの3分の1以上という大きな部分を占めるようになった。

図-1は、このPCの伸びをマイクロプロセッサの面からみたものである。現在のPCの主流は16ビットから32ビット系に移ってきている。32ビットの普及タイプの製品化が進み、16ビット機

との価格差が小さくなっている。

こうした動きの中で、32ビットの機能を十分活用できるOSやアプリケーション・ソフトウェアの登場と、その高機能化・高速化も進んでいる。

2.2 ワークステーション

ワークステーションも、PC同様に、急成長している。コンピュータ・ハードウェアの売上げの中での比重も、データクエスト誌（June 1991）によると1990年の7%から、1995年には16%にまで達すると見込まれている。価格性能比の良いRISC機の発展は目覚ましく、すでに1990年に出荷されたワークステーションの半分以上がRISC機であると言われている。

3. エントリ・システム・テクノロジーの発展

このような、PCとワークステーションのビジネスの成長を支えてきた、テクノロジーの発展についてみてみよう（図-2参照）。

3.1 ハードウェア

1981年当時のPCと比較すると、この10年間で外部記憶容量は、ディスケット装置2台を合わせて320KBだったものから、今ではハード・ディスク装置一台で1000倍の320MBに増大している。主記憶容量も、標準で64KBだったものが、現在では、最大で1000倍の64MBになっている。

ディスプレイの表示データ量も、640×200ドットでモノクロームだったものが、1024×768ドットで256色のカラーへと、1500倍にも増大している。

同時に、PCの心臓部であるマイクロプロセッサの性能も、データバス幅が16ビットから32ビットへと拡大し、クロック周波数は、5MHzから50MHzへと向上した。さらに、キャッシュメモリの使用なども加えて、システム全体の性能が約50倍に向上した。

† 第15回 COMPSAC '91 国際会議講演（平成3年9月11日）

場所 朝日生命ホール

†† IBM コーポレーション 副社長兼エントリ・システムズ・テクノロジー担当ゼネラル・マネージャ

また、最新のマイクロプロセッサでは、ワイヤード・ロジックの使用により、基本命令のいくつかを1クロックで実行して、性能向上をはかっている。このCISCにRISCの手法を取り込む方法や、64ビット・マイクロプロセッサの登場など

により、マイクロプロセッサの性能は、当分の間現在のペースで向上していくと思われる。

さらに、マイクロプロセッサ単体の性能向上に加えて、マルチプロセッサによるシステム全体の性能向上、ノートブック PC などの普及にともな

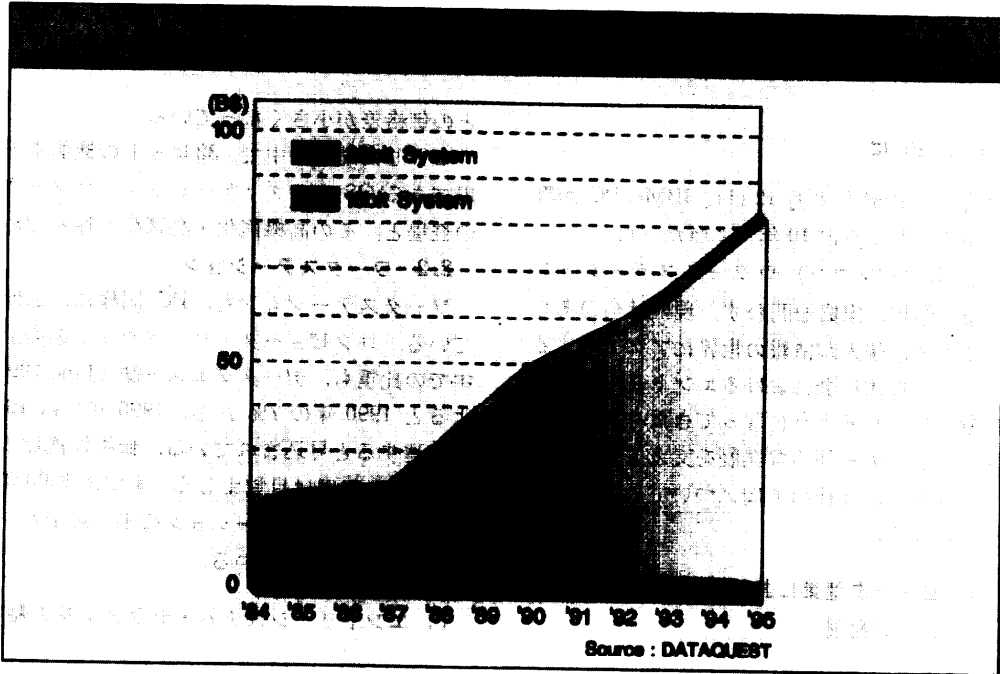


図-1 PC ハードウェア売上げの推移

<ul style="list-style-type: none"> - 1MB, 5 - 10 + MB - 640KB Addressable Memory - 100KB - 1MB Diskette - CGA (640 x 350) & VGA (640 x 480) 	<ul style="list-style-type: none"> - 286, 10 - 32MB Cache - 1MB Addressable Memory - 200MB + Hard Disk - VGA (640 x 480, 1000K) 	<ul style="list-style-type: none"> - 386 + 32, 32 - 120 + MB - Wide Logic (RISC) - Multiple Processors - 4MB Addressable Memory - Multiple Disk Storage Devices - 386, 10MB + 700, 2000KB - Full Motion Video
<ul style="list-style-type: none"> • Menu / Text 	<ul style="list-style-type: none"> • RISC • Graphical User Interface 	<ul style="list-style-type: none"> • Supercomput. Superpipelins • Expert Oriented • Rev. Video
<ul style="list-style-type: none"> - Single Applications - Word Processors - Spreadsheets 	<ul style="list-style-type: none"> - Multitasking - Desktop Publishing - Spreadsheets w/integrated Graphics 	<ul style="list-style-type: none"> - Distributed / Cooperative Processing - Multimedia - Image Processing - Complex Interactive Graphics / Simulation
<ul style="list-style-type: none"> - File / DB Managers - Asynchronous Communications - Remote Simulation 	<ul style="list-style-type: none"> - FDB on LAN - LAN Multi-User Servers - Concurrent Host Sessions 	<ul style="list-style-type: none"> - Distributed DB over LANs & WANs - Database Systems for Data Management - Remote Data Access - Security
	<ul style="list-style-type: none"> • Engineering CAD / CAM / CAE 	<ul style="list-style-type: none"> • Business Applications

図-2 エントリー・システムの発展

う省電力機能の向上, そしてマイクロプロセッサ自身の省電力化なども, 今後重要な技術になると言える。

ワークステーションに目を転じると, CMOS 技術の発展により集積度が向上し, メモリ管理ユニットや, キャッシュメモリ, 浮動小数点演算ユニットが, マイクロプロセッサとともに1チップ内に内蔵されるようになった。この結果, システム・コストが低減されるとともに, チップ間のデータ授受におけるオーバーヘッドが減少し, システム全体の性能向上がはかられている。

さらに, スーパスカラ, スーパパイプラインなどの方法で内部処理スピードを上げる動きが活発になっている。それと同時に, ハードウェアによる性能向上を十分に引き出せるコンパイラの技術も重要になってきている。

3.2 ソフトウェア

PC の初期のアプリケーションは, シングル・ユーザがスタンド・アローンで PC を使用するだけで, たとえばワープロを使うとか, または BASIC を使うといった, ごく単純なものだった。

その後, スプレッド・シート型のものなどを初めとして, 次第にアプリケーションが整ってきた。

そして LAN や, マルチタスクのできる OS の出現により, PC の世界も飛躍的に広がりを見せかけている。さらに現在では, グラフィカル・ユーザ・インタフェース (GUI) の発達によりユーザにとっての使いやすさは, 大きく前進している。ワークステーションの代表的 OS である UNIX は, 1960 年代後半から登場し, 1980 年ごろには, マルチユーザ及びマルチタスクを実現している。アプリケーションは, 当初, 高速の数値計算を必要とするエンジニアリング用が中心だったが, 現在では, より一般的な業務にも, 広がっている。

これからも PC 及びワークステーションのアプリケーションは, ますます拡がり, 発展していくと思われる。主なものとして, 従来のテキスト, データ, グラフィックスなどのコード情報に加えて, 静止画, 動画, 音声の処理も含む, マルチメディアや, AI, さらに人間にとってより自然な方法でコンピュータを使うことのできる, オブジェクト指向ユーザ・インタフェースなどがあげられ

る。これらのものに加えて, クライアント・サーバを主体とした, 分散ネットワークも, ますます普及するものと思われる。

3.3 アーキテクチャ

アーキテクチャの面では, メモリ・マネジメント, 仮想記憶機構, キャッシュメモリなどにみられるように, 大型計算機のとどった道を, 踏襲してきたと言える。

図-3 の左側は, 初期の代表的な PC のシステム構成を示している。拡張性を設計思想の一つに置き, 自由な周辺機器構成に対応できるよう, バスが, システムを横断し, それにマイクロプロセッサ, メモリ, I/O 装置がつくようになっていた。

しかし, その後のマイクロプロセッサ, メモリ, I/O 装置技術の発展により, バスの負担が大きくなって, システム全体の性能向上が難しくなっていた。

これを解決する方法として, 現在では, 図-3 の右側のようなマルチバス構成をとり, 処理するためのデータの動きを, システム内で分散させる方法がとられるようになってきている。マイクロプロセッサとメモリ間に専用バスを設けたり, 複数台のハード・ディスク装置やプリンタなどの I/O 装置を, SCSI (スカジ) と呼ばれる共通バスで接続する方法などがある。最近では, LAN アダプタ同士, あるいは LAN アダプタとハード・ディスク装置など, マイクロプロセッサを介在させずに, I/O 装置間で直接データ転送を行うことも可能になっている。この方法は, 発展しつつあるクライアント・サーバ・システムにとっても重要な技術といえよう。

このマルチバス構成をとることにより, 機能の分離がたやすくなるため, システムの拡張性が向上している。例として, メモリを含むプロセッサ・サブシステムのアップグレードや, 高速プロセッサ・カードを追加し, マルチプロセッサの構成にすることによって, システムの性能を向上させることができるようになった。将来, バス幅を現在の 32 ビット幅から, 2 倍の 64 ビット幅に拡張し, 64 ビットのマイクロプロセッサとともに, システム全体の性能向上がはかられていくものと考えられる。

ソフトウェアについてみると PC の代表的な OS の一つである DOS は, 当初, 8086 のメモ

リ・アドレサビリティである 1MB に合わせて設計されていた。システム・メモリとして 640KB が使え (図-3 左側), 当時の環境としては十分な容量だった。しかし, アプリケーションの発達により, この 640KB というメモリ空間は, すぐに大きな制約になってきた。現在の OS では, 図-3 の右側のように 32 ビット・フラット・メモリにより, 4GB の仮想記憶空間をもち, 複数の OS 環境下のアプリケーションをマルチタスクで走らせることが可能になってきた。

4. 要素技術の発展

4.1 ビデオ・アダプタ

ビデオ・アダプタの歴史は, 互換性を保ちつつ, より高い解像度, より多くのカラー, より良い性能を追求してきた歴史と言えよう (図-4 参照)。効率向上のために, 基本的なグラフィックスの機能はハードでサポートされてきた。たとえば, 線を引く DRAW や, ブロック単位でデータを移動させるビット・ブロック・トランスファなどがある。また, アダプタ・カードの機能は, ワン・チップ化され, メイン・ボード上にもなるようになった。

一方, 漢字表示のための 1024×768 という高い

解像度をもったビデオ・アダプタは, 1983年にはすでであった。欧米の PC もマルチウィンドウの普及にともなって, 高解像度化が要求され始め, 現在両者が統合されつつある。

この高速化, 高解像度化に加え, ノートブック PC やタブレット PC の製品の普及にともない, フラット・パネルや, タッチ・パネルの技術も進んできている。今後はマルチメディアの分野で, 動画や静止面の圧縮・伸長, テレビやビデオなどの家庭用機器との接続, スムージング技術による, 自然面に近いイメージの表示などの機能強化が活発に進んでいくと思う。

4.2 実装技術

LSI の集積度向上とともに, LSI チップを基盤に取り付ける実装技術も, 図-5 に示すように大きく進歩してきた。

プリント基盤にピンを突き刺すデュアル・イン・ライン・パッケージ (DIP) と呼ばれる初期の方式から, 基盤に LSI を乗せるサーフェス・マウント・テクノロジー, いわゆる SMT 方式に変わり, さらに現在では, 高密度の実装技術として TAB (Tape Automated Bonding) や, チップを直接基盤に付ける DCA (Direct Chip Attachment), そしてファイン・ピッチの基板技術である表層ブ

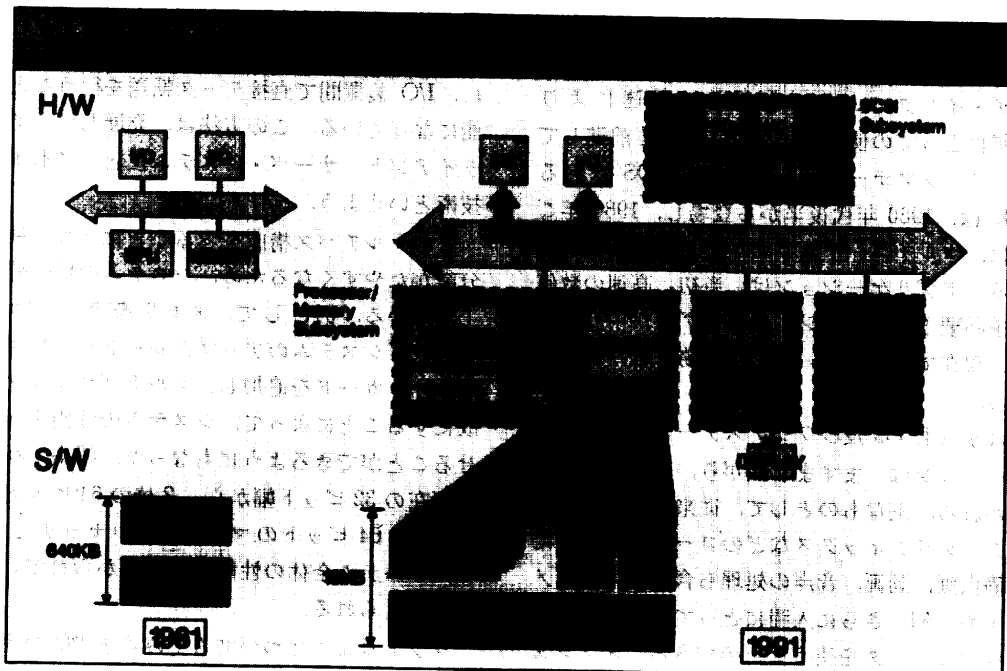


図-3 PC アーキテクチャの発展

プリント配線板 SLC (Surface Laminar Circuit) などの技術が普及し始めている (図-6 参照).

ファイン・ピッチ, 及び処理速度をより高速化するための技術として, 熱伝導の問題も考慮し

た, チップ上に LSI チップを実装するシリコン・オン・シリコン (SOS) の方式も実用化されてきた (図-7 参照).

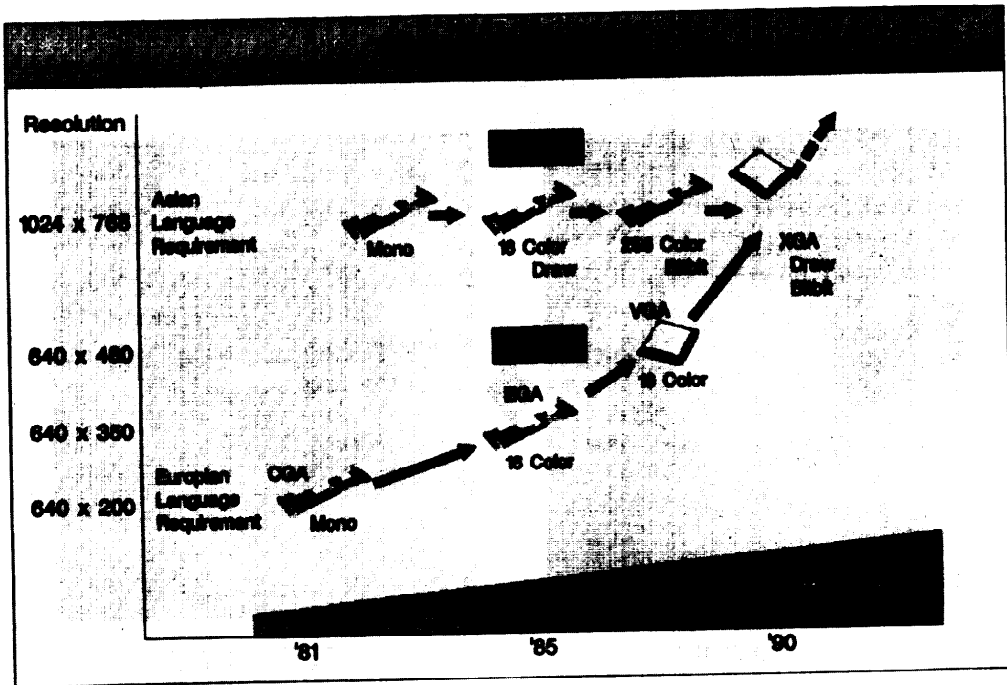


図-4 ビデオ・アダプタの歴史

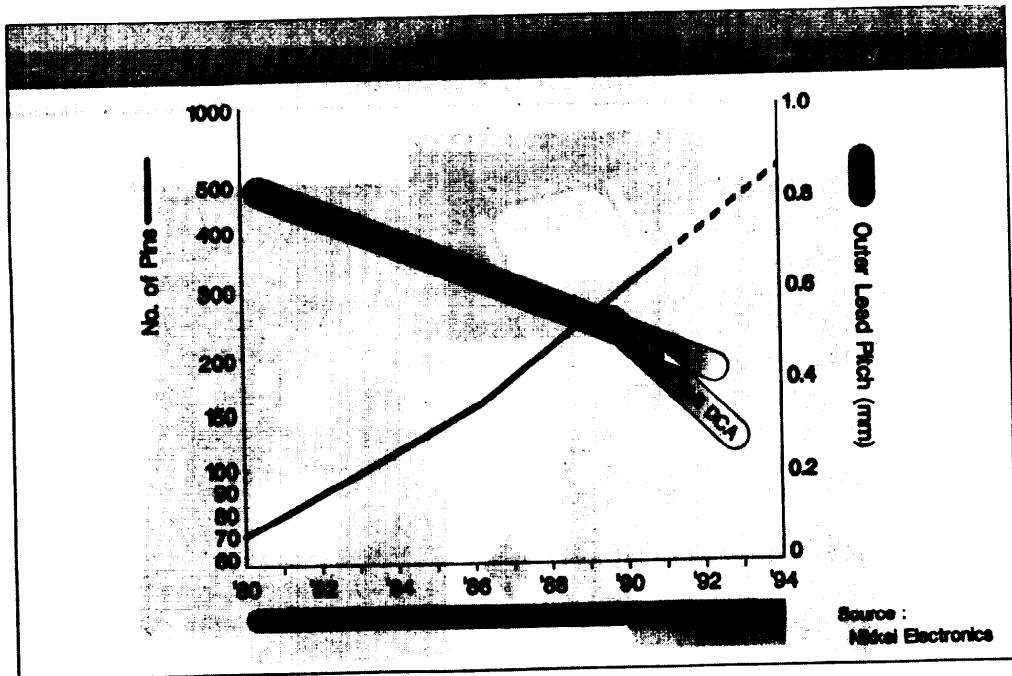


図-5 実装技術の発展

日経エレクトロニクス 1990年3月19日号 (No. 495) p. 122 の図1と, p. 123 の図から作成

4.3 外部記憶装置

マルチメディアやクライアント・サーバというアプリケーションの多様化にともない、ハード・ディスク装置に対する大容量化、高速化への要求は、ますます強くなっている。

図-8 に示すように、5.25 インチ型では 1GB を超え、3.5 インチ型でも 300~400MB の容量をもっている。最近登場した 2.5 インチ型でも、現在 80MB のものがある。磁気抵抗効果型ヘッド、いわゆる MR ヘッド技術を使い、3.5 インチ型の

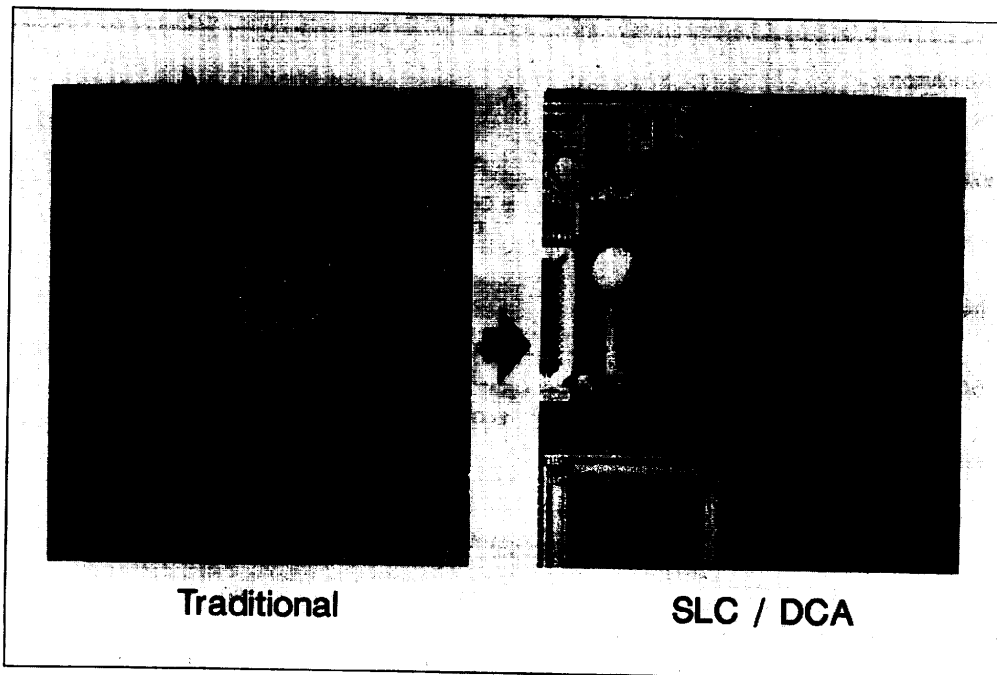


図-6 SLC/DCA を使用した実装例

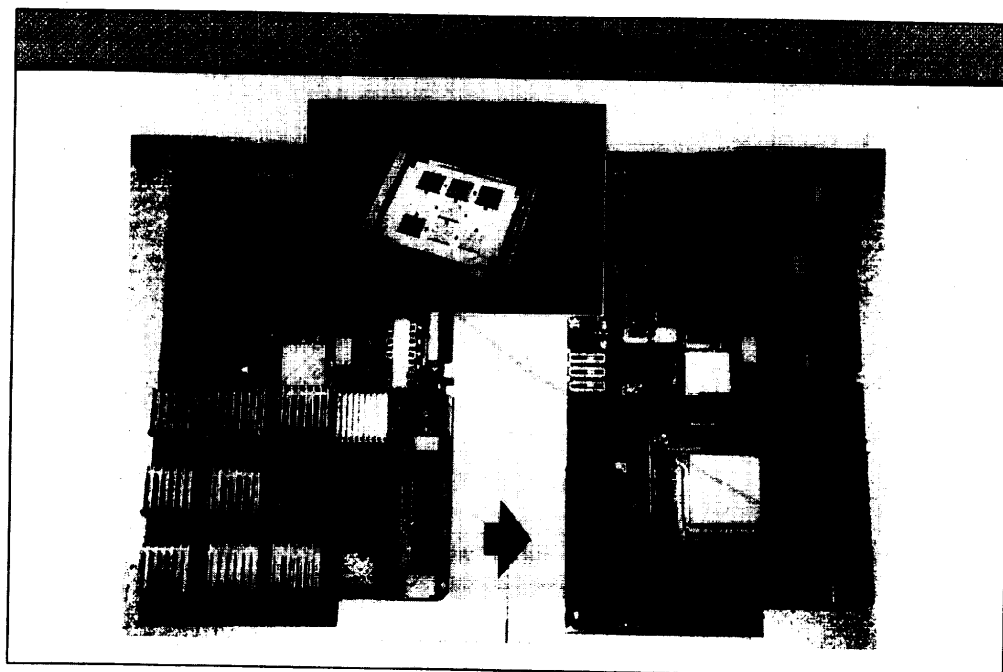


図-7 シリコン・オン・シリコン

ディスク・ドライブ1台で、1GBの容量をもった製品も登場した。近い将来には、1ドライブで数GBまで可能になると思われる。

高速化の面でも、平均シーク・タイムが100ミリ秒近くかかったものが、現在は20ミリ秒を切るようになってきている。

ノートブックPCの小型軽量化のために、より小さい1.8インチ型のハード・ディスク装置も今後普及していくものと思う。

光磁気ディスク装置は、3.5インチ型が1990年に登場したばかりであり、これからのデバイスであると言える。利点は、カートリッジ1枚で128MBの容量があるため、差し替え可能であるというフロッピの良さと、大容量で高速というハード・ディスク装置の良さの両方を、1ドライブで兼ね備えた点にある。光磁気ディスクの利用範囲としては、CAD、イメージ、マルチメディアなどがあり、アプリケーションの拡大が期待されている。2~3年後には、容量は500MB以上になり、アクセス時間も、20ミリ秒以下になると考えられる。その他の課題としては、ドライブ・メーカー側からみたメディアの物理的互換性に関するものと、論理フォーマットの統一の問題があげられる。アプリケーション開発者が安心して開発でき、同

時に、ユーザの利益をも保証するためには、これらはずいぶん解決されなければならない問題である。

CD-ROMについては、アクセスが遅い、書込みができないという制約があるものの、大容量、低価格の利点を生かし、電子出版、ゲーム、ソフトウェアの配布などの面で、今後大いに普及していくことと考えられる。

4.4 オペレーティング・システム

前節で述べたように、ハードウェアは次々と新しいものが出てきて進歩しており、PCのソフトウェアも、このようなハードウェアを上手に取り込みながら、ソフトウェア資産の継承をはかりつつ、発展してきた(図9参照)。今では完全なマルチタスク機能により、マルチウィンドウと、相手を問わず接続できる『Any to Any』接続の通信機能が可能になり、しかもそれが、複数同時に稼働するという、新しい環境が作り出されている。

UNIXの世界でも、今後共通のAPI(アプリケーション・プログラム・インタフェース)や、マイクロプロセッサに依存しない中間コードの開発などにより、ワークステーションOSでのアプリケーションの互換性が、より確実に保証される方向に向かうだろう。将来的には、ハードウェアを問わず、アプリケーションあるいはアプリケー

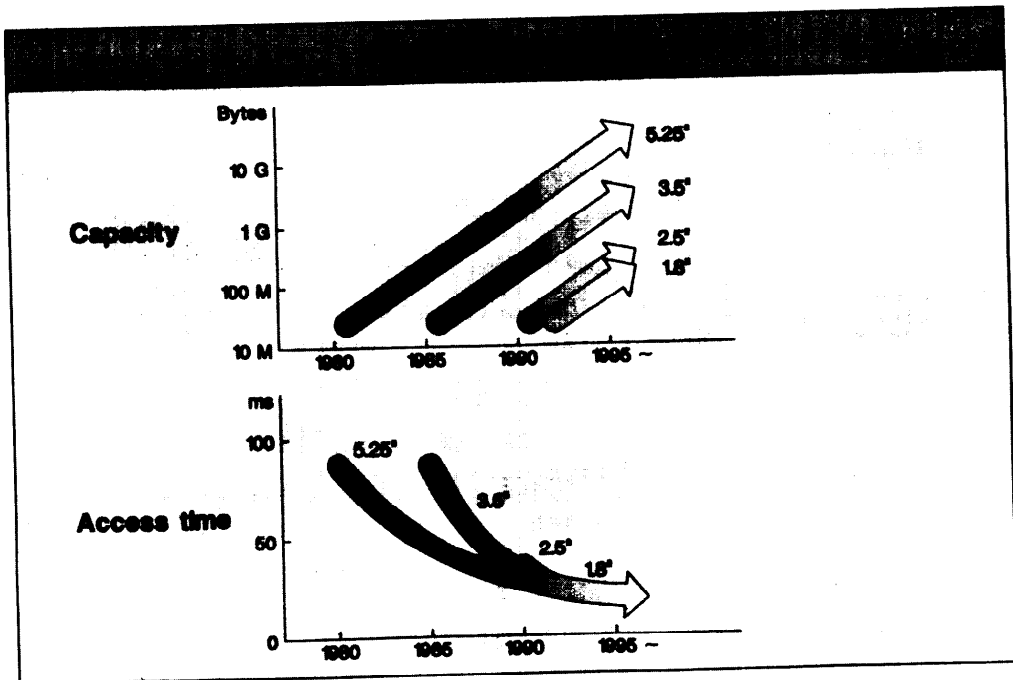


図-8 ハード・ディスクの発展

ジョン開発環境の互換を目指す方向に進んでいくものと思われる。

4.5 ユーザ・インタフェース

次にユーザ・インタフェースの発展をみる(図-10 参照)。PC, ワークステーションの, 初期

のユーザ・インタフェースは, キーボードからのコマンドによる入力ほとんどだった。その後メニュー・パネルの使用で入力が簡素化された。しかし, 1980年代半ばごろから登場した GUI 環境のもとでは, マウスに代表されるポインティン

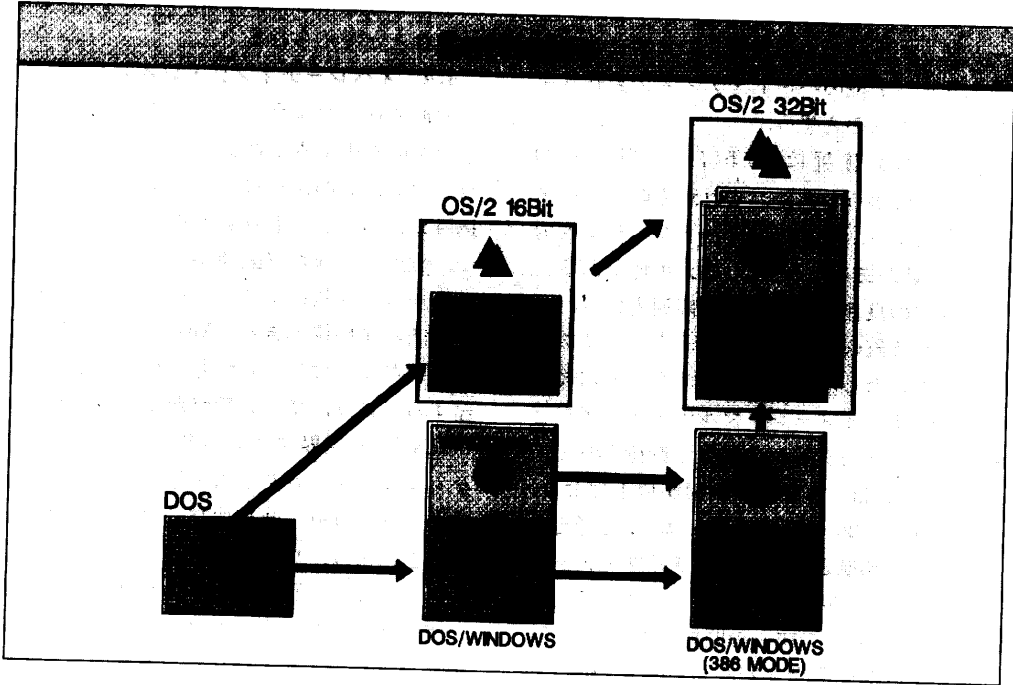


図-9 ソフトウェアの発展

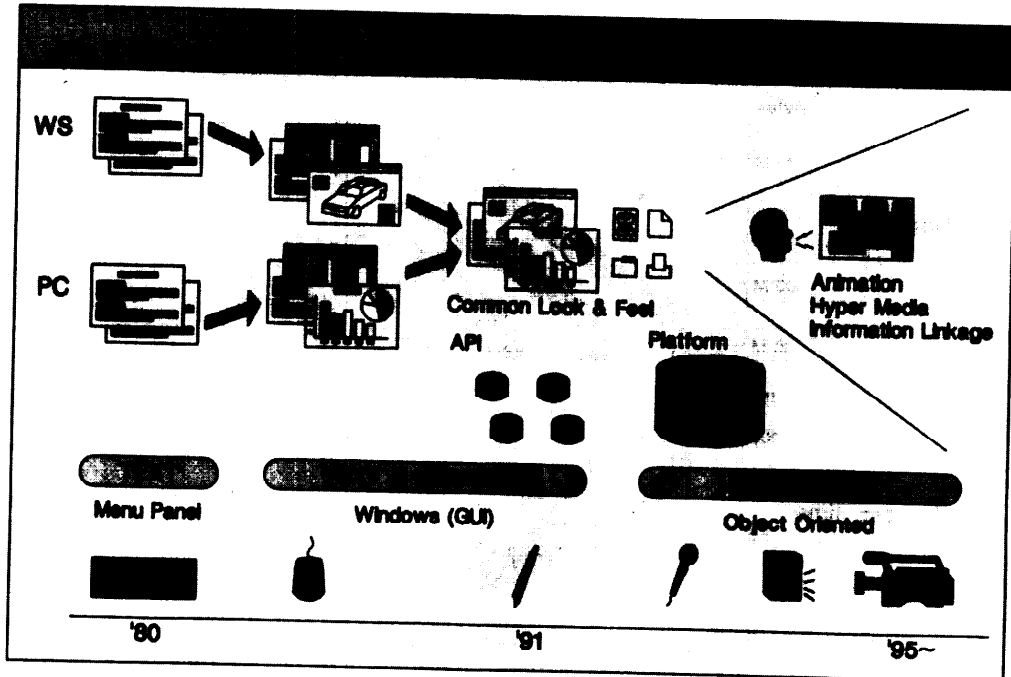


図-10 ユーザ・インタフェースの推移

グ・デバイスにより、処理対象（オブジェクト）を直接選び出して仕事をするなど、日常感覚の延長で、自然にコンピュータを操作できるようになった。こうしたオブジェクト指向プログラミングの発展によって、ユーザに提供する環境は、一層洗練されていくと期待できる。

ユーザからみた場合には、Look & Feel を統一された形でコンピュータを使えるようになってきたものの、アプリケーションを開発する人にとっては、おのおののシステムごとに、固有の API を使って、アプリケーションを別々に書かなければならず、大きな負担になっている。今後、PC とか、ワークステーションというような、ハードウェア及び OS などこだわることのない、統合化された環境をサポートすることが強く望まれている。

さらに、音声認識、文字認識などの技術の発展にとともに、音声、ペン、タッチ・スクリーンなどを使った、ユーザ・インタフェースの発展にも、拍車がかかることと思う。

今後も人間にとって、より自然なユーザ・インタフェースが、次々開発されていくことと思うが、そのためには、人とシステムとの“対話”を円滑に進めるための、オブジェクト指向技術を初

めとするソフトウェア技術がキーポイントとなってくるだろう。

5. エントリ・システムの利用環境

ここでそのように進歩したエントリ・システムが、社会において、いったいどのような環境に置かれることになるのか、述べたい。

おおむね、図-11 のような4つの環境を想定することができる。必ずしも単純な形態から複雑な形態に移行していく、というわけではなく、ユーザの利便性に応じて、それぞれの形態が、アプリケーションの充実により発達していくことになる。

まず図中左上にあるスタンド・アロンの形態からみよう。これが PC 本来の、パーソナルな使い方、ホーム・ユース、あるいは企業内における、個人的なデータ処理に使う場合もある。言ってみれば、文房具のような使い方、これは将来的にも根強く残っていくと考えられる。

システムの能力向上により、小規模企業などでは全社のデータを一台で処理できるだろうし、テクニカル・ワークステーションとして CAD やデスクトップ・パブリッシングとしての利用も、より高度なものになると思う。さらに、外部データ

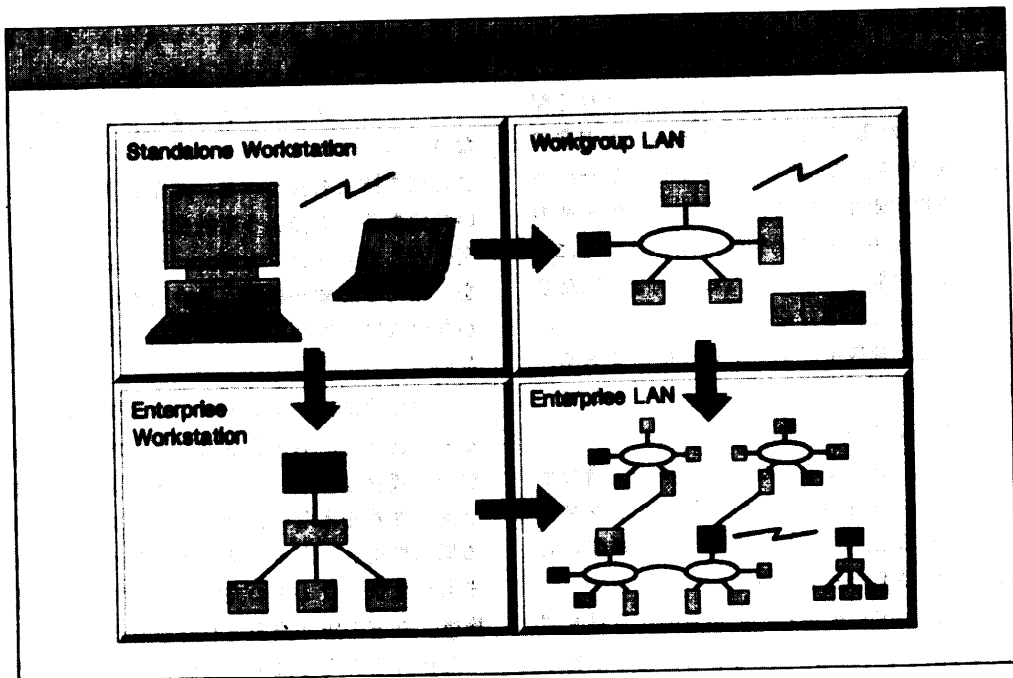


図-11 コンピュータ環境の発展

ベースへのアクセスのため、公衆回線とのインタフェースも必要である。“持ち運びできる”という要素も、テクノロジーの発展とともに、今後ますます重要になってくる。

一方、企業の中では、PCの初期から、ディスプレイ端末の延長、つまり置き換えという使い方がある。図中左下にあるように、これは企業内のホスト・コンピュータを中心とした『垂直型』の使用形態といえる。PCの発表当時、米国におけるディスプレイ端末の設置台数は、数百万台にも上っていた。ディスプレイ端末からPCへの置き換えは、ホスト・プログラムの変更なしでできたため、急速に普及した。さらに、端末側でPCの機能を使えることも、置き換えに拍車をかけた。

その後の新しい動きとして、LANの普及により、大型機を使わずに、PCやワークステーションを並列に接続して使用する。図-11の右上にあるような『水平型』のクライアント・サーバ・システムが登場してきた。

これは、従来の大型機を中心としたシステムにも匹敵する機能を実現することができ、世間で言われるダウンサイジングという現象を起こしている。

さらに、ビジネスがグローバルに展開されるにしたがって、今まで述べた垂直型の形態と水平型の形態を有機的に接続した、いわば『面』としての大規模な処理形態が必要となってきた。図中、右下の『エンタープライズ LAN』と呼ばれる環境である。この環境では、大型機は、集中型のデータ処理から、大規模なファイル・サーバへと、その役割が変化してきた。さらに、データの共有や管理、セキュリティや保全性を総合的に管理する機能の中核という、新たな役割をも果たすようになってきている。そして、PCやワークステーションは、分散型のデータ処理機能を持ち、大規模システムに対する窓（エントリ）として、ますます重要な役割を果たしていく。

このような、あらゆるコンピュータを縦横のネットワークで、自由かつ有機的に統合するシステムを考えてみると、システムのもつべき機能として課題が浮かびあがってくる。

その一つは、データがどこにあるのか意識せずに、必要なデータにアクセスできる仕組みがあげられる。データ・インテグリティを考慮し、デー

タベースのアーキテクチャにのっとった、リレーショナルなデータベースを実現することが重要となってくる。

ネットワークでは、マルチメディアなどの大量のデータをやり取りするために、一層の高速性が要求される。さらに、異機種間でもデータの授受が自由にできるオープン・ネットワーキングや、システム全体の保全性を高めるための、整合性のあるシステム管理も必要である。

当然のことながら、企業としての機密性の保持のために機密保護も重要な要素といえる。

こうした大規模システムでは、いろいろなメーカーの機器が混在する『マルチベンダ環境』になるが、そのような環境の下では、一つのアプリケーションを、機種を問わず、サイズを問わず、共通に使えるなければならない。アプリケーションの開発自体も、容易に、しかも効率よく行えることが大切である。

このためには、サイズの異なるコンピュータ・プラットフォーム間での、アプリケーションのポータビリティに加え、オープン・システムまでも考慮した、共通のフレーム・ワークを提供する仕組みが必要となってくる。

6. おわりに

日本におけるエントリ・システム、特にPCの分野に関する課題について述べたい。

コンピュータ・システムが、社会構造の根幹となりつつある中で、エントリ・システムは、そのさらに中核とも言うべき、非常に重要な役割を担いつつある。このような社会の中では、個人が、文化としてもっとコンピュータに親しめる環境を、整える必要がある。そうした環境を作っていかなければ、本当の意味の情報処理社会は発展しない。

そのためには、エントリ・システムが、あらゆる人にとって、もっと身近なものでなければならない。残念ながら、日本ではまだ少々遅れていると言わざるをえない。ハード/ソフトのより一層の低価格化と、もっと洗練されたインタフェースをもつソフトウェアの充実、そして機種同士の互換性、などの点が実現されなければならない。

互換性を支える技術の公開については、成長期において技術は必ずしもオープンなものでなくて

もよい。そのほうが技術革新のスピードを速くすることができる。より産業社会に貢献できるという面がある。しかし、ある程度技術が成熟し、本当に社会で普及させることが必要になったら、その技術は公開されるべきと考える。その結果、基礎技術あるいはアーキテクチャが標準化され、社会に根を張ることができる。

(平成3年9月26日受付)



三井 信雄 (正会員)

1931年生。1955年九州大学工学部通信工学科卒業。同年日本放送協会入局。経営情報室副主管を経て、1969年日本アイ・ビー・エム(株)入社。1990年3月副社長一開発製造部門担当、同年6月IBMコーポレーション副社長兼任。1991年12月IBMコーポレーション副社長兼エントリ・システムズ・テクノロジー担当ゼネラル・マネジャー(米国)、情報処理学会役員(1979~80)。通産省工業技術院日本工業標準調査会基本問題懇談会委員(1990~91)。工技院産業技術審議会委員(1991)。九州大学講師、広島大学講師、金沢工業大学客員教授。日本産業技術振興協会、電子情報通信学会各会員。中華民国行政院科技顧問、他。

