

コンピュータの現状と将来

(株)野村総合研究所 技術産業研究部 新井 靖彦

Computer technologies - today and future

Yasuhiko Arai

Advanced Technology Industries Dept.
Nomura Research Institute, Ltd.

1. 市場展望

市場環境の不確定性の増加、法制度の変化、企業のグローバル化や競争環境の激化が社会の情報化を押し進めてきたが、ドラッカーが「新しい現実」で指摘しているように社会全体が情報中心の世界になってくることによって、情報化は更に高度となることが予想される。そのために企業の情報化投資はますます増加してゆく。Fig. 1 に情報化投資の推移予測を示す。実際の目に見える動向としては、製造業では市場環境(低成長、ニーズ多様化)に対応するための CIM 投資、金融では規制緩和、国際化の中での競争力向上のための高度オンライン化と、セキュリティゼーションの中での高リスク不確定性商品の増加、サービス業では特に医療における高齢化対応、保険制度見直しの中での競争力向上がある。

このためにコンピュータ市場は今後ますます拡大することが期待されている。Table 1 に 2000 年までの世界の電子産業需要予測を、Table 2 に日本の電子産業需要予測を示す。ここで示されているように 2000 年にはコンピュータ市場が現在の 4 倍程度になると推測されている。

2. 製品化展望

このようにコンピュータ市場が拡大する中、コンピュータを利用して 1 年間で扱う情報量も急速に増加してゆくと推測される。Fig. 2 に日本のデータ総量(コンピュータを利用して 1 年間で扱うデータ量)の推移予測を示す。5 年間で 5 倍の伸びを示すと考えられる。このように情報化が進む要因として、情報機器の分散化、多様化、マルチメディア化という 3 つのトレンドがあげられる。

分散化の現象は PC(Personal Computer)/WS(Work Station)が高い成長率で市場を拡大していることから分かる。また PC 自体もデスクトップ型からラップトップ型へと開発の中心が移行し、そして現在ノートブック型が注目を集めている。米国ではポケットサイズの PC までもが製品発表されている(Fig. 3 参照)。さらに通信・ネットワークの普及拡大や、AV 機器と PC の統合/融合もデータが分散化することを促進させる。そのために Fig. 4 に示すように分散化したデータの割合が今後 10 年のうちに急速に上昇することが期待される。

情報機器の多様化も急速に進んでいる。10 年前

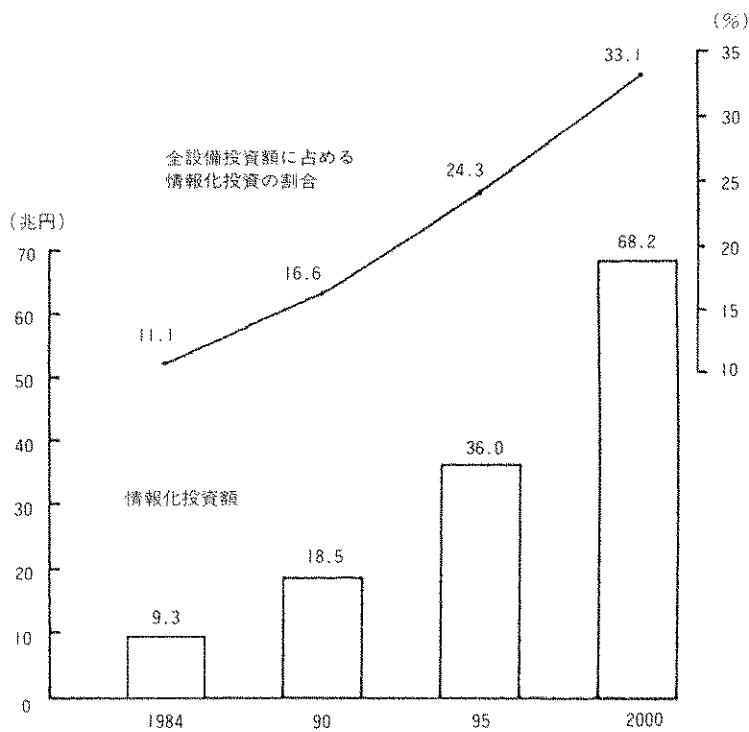


Fig. 1 情報化投資の推移予測

(注) 情報化投資とは、電子工業の需要項目の中の、投資項目の合計 出所) 通産省「2000年の情報産業ビジョン」(1987年6月)

Table 1 世界の電子産業需要予測

(単位: 億円)

	1987年	1995年	2000年	1987-2000 平均成長率(%)
電子計算機	269,100	659,300	1,157,100	11.9
汎用・オフコン・ミニコン	93,400	200,500	322,900	10.0
パソコン	26,500	68,800	124,600	12.6
周辺端末機器	149,200	390,000	709,600	12.7
通信機器	111,900	222,700	330,000	8.7
有線ネットワーク系機器	39,300	80,000	115,000	8.6
有線端末系機器	30,100	63,500	99,000	9.6
無線機器その他	42,500	79,200	116,000	8.0
半導体	53,000	146,800	277,700	13.6
ディスクリット	11,400	17,800	23,700	5.8
集積回路(IC)	41,600	129,000	254,000	14.9
一般電子部品	76,000	138,800	203,000	7.8
受動部品	20,000	36,000	52,000	7.6
機構部品	11,500	20,300	29,000	7.4
機能部品	38,600	69,300	100,000	7.6
ハイブリッド IC	5,900	13,200	22,000	10.6
その他				
電子管	17,000	21,600	24,700	2.9
液晶素子	1,000	4,500	9,000	18.3

出所) 通産省「90年代の電子産業ビジョン」(1989年)

Table 2 日本の電子産業需要予測

(単位：億円)

	1987年	1995年	2000年	1987～2000 平均成長率(%)
電子計算機	32,400	87,700	164,600	13.3
汎用・オフコン・ミニコン	13,600	30,100	49,400	10.4
パソコン	2,600	8,200	16,400	15.1
周辺端末機器	16,200	49,400	98,800	14.9
通信機器	16,000	29,600	45,100	3.3
有線ネットワーク系機器	8,700	13,300	16,500	5.0
有線端末系機器	4,600	11,300	21,900	12.7
無線機器その他	2,700	5,000	6,700	7.2
半導体	20,400	61,400	122,400	14.8
ディスクリット	4,800	7,500	10,000	5.8
集積回路(IC)	15,600	53,900	112,400	16.4
一般電子部品	23,800	40,900	58,000	7.1
受動部品	8,900	15,400	23,600	7.8
機構部品	2,700	5,000	8,100	8.7
機能部品	9,200	14,000	15,800	4.3
ハイブリッド IC	3,000	6,500	10,500	10.1
その他				
電子管	3,600	4,600	5,300	3.0
液晶素子	700	3,300	7,000	18.9

出所) 通産省「90年代の電子産業ビジョン」(1989年)

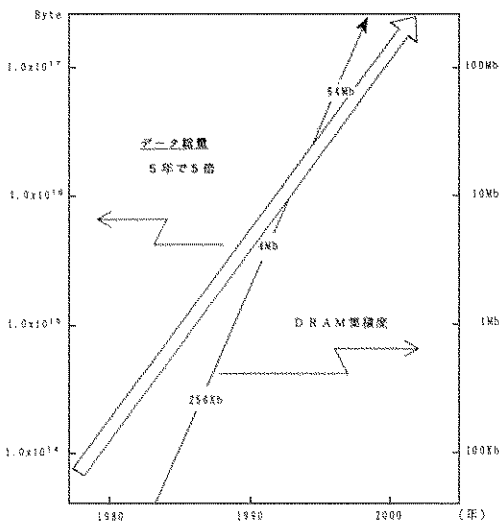


Fig. 2 日本のデータ総量予測
出所) 野村総合研究所

はスーパーコンピュータ、メインフレーム、ミニコンピュータ、PCという情報機器しかなかったが、現在では Fig. 5 に示すというように非常に多様なコンピュータが現れている。そして処理形態も単なる単一ノイマン型プロセッサによる処理のみでなく、ベクトル処理やクラスタ処理、マルチプロセッサ処理、並列処理(非ノイマン型も含む)といった多様な処理形態が現れている。

マルチメディア化の動きもコンピュータの高速化に伴って急速に進んでいる。マルチメディア処理とはコンピュータでコードデータのみならず、グラフィックスや画像/映像、音声の処理を行うことである。DTP(Desk-Top Publishing)技術によってコードデータと画像データが統合されたが、今後はハイパーメディア技術によってあらゆる種類のメディア情報が統合されることになる。Fig. 6 にコンピュータで扱うデータのマルチメディア化予測を示す。

3. 技術展望

以上のように製品化が進むと考えられるのは、次に示す技術が確実に発達するためである。

- ・高速化技術
- ・大容量化技術

- ・高速コミュニケーション技術
- ・高信頼性技術

以下にそれぞれの動向についてまとめる。

1) 高速化技術

コンピュータの高速化技術は半導体の高性能化と、アーキテクチャの改良によって達成される。

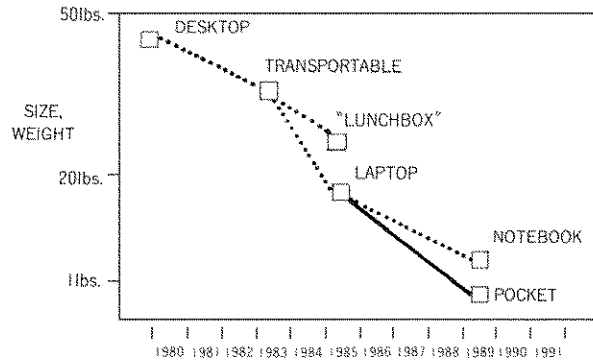


Fig. 3 PCのポータビリティ動向
出所) Poqet Computer 社(1989)

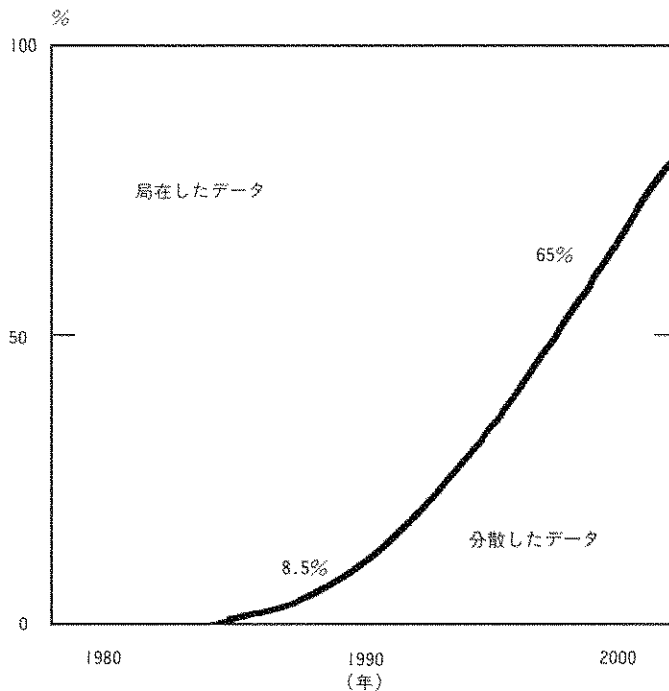


Fig. 4 データの分散化予測(日本)
出所)野村総合研究所

特に MPU (Micro-Processor Unit) の性能向上の効果は大きい。MPU はビット幅を拡張し、かつクロック周波数を高めることによって処理速度を向上させてきた。現在でもこの傾向は続いている。現在の MPU 技術は 100 万トランジスタを 0.8 μm ルールで実現するまでに至っている。これにより 30 MHz を超えるクロック周波数での駆動が可能となっている。

現在最も注目されている技術動向は RISC (Reduced Instruction-Set Computer) アーキテクチャの採用である。ソフトウェア技術の発達により、インストラクション数を軽減し、単純数値計算に適するアーキテクチャで MPU を構成することができるようになってきた。また RISC チップは CISC (Complex Instruction-Set Computer) よりもトランジスタ数を少なくすることができるため、プロセス技術の点からも高速チップが容易に実現できる。またプロセスの歩留まりが Si (シリコン) ほど高くない GaAs (ガリウム砒素) を用いることも可能であるため、今後急速に RISC プロセッサが性能向上してくるものと推測される。Fig. 7 に MPU の性能推移予測を示す。将来的には超電導素子が実現してくる可能性がある。

アーキテクチャの改良も処理の高速化のためには重要である。現在のスーパーコンピュータはベクトル処理を行うことによって処理時間を短縮しているが、これは自動ベクトル化コンパイラの技術進展によるところが大きい。今後もスーパーコンピュータの自動ベクトル化率は次第に高くなってゆくことが期待される。またスーパー EWS (Engineering WS) と呼ばれるパーソナルマシンの一部は自動ベクトル化コンパイラを搭載しており、今後は更に一般的なマシンにまでこうしたコンパイラを搭載する可能性が出てきている。

現在のコンピュータはほとんどが 1 CPU (Central Processing Unit) であるが、スーパーコンピューティングマシンや大型メインフレームを中心に複数 CPU による処理の高速化が行われている。こうした技術が次第に PC にまで波及してくるものと推測される。IBM の PC である PS/2 はマイクロチャネルというチャネル (バス) を採用しているが、このチャネルはマルチプロセッシング

を可能にする機能を持っている。そのために近い将来、多くの PC がマルチプロセッサ化してくるものと推測される。

超並列処理技術も急速に進んでいる。ようやく超並列処理コンピュータ市場の萌芽を見ることができるようになったが、今後は急速にこの市場が拡大するものと考えられる。既にプロセッサ数が 1000 を超える製品も現れ、そして自動並列化コンパイラの開発も着実に進んでいる。同時に並列処理用高級言語も製品化され始めており、ハイパーキュービク型やデータフロー型、あるいはニューラルネットワーク技術を用いたコンピュータが特殊なものだけでなくものも遠くないと推測される。さらには伝送も処理も並列性に優れた光を利用した光コンピュータが実現され、防衛を中心に市場を開いてくる可能性もある。

以上のような技術動向により、Fig. 8 に示すように今後も各種コンピュータの性能は上昇し続けるものと推測される。特に MPU を利用したシステムの性能向上は著しいと推測され、2000 年までには MPU を利用したメインフレームやスーパーコンピューティングマシンが数多く製品化されると推測される。

2) 大容量化

主記憶容量は半導体の集積度が向上するのに伴って、今後も増加し続けると考えられる。拡張記憶の概念が導入されたり、マルチメディアデータをリアルタイムで処理しようとするために、少なくとも 2000 年までには主記憶の大容量性に対する要求は衰えることがないと推測される。Fig. 9 に各種コンピュータの主記憶容量推移予測を示す。

一方、マルチメディア化は外部記憶装置の容量も増加させ続ける。Fig. 10 に各種コンピュータで利用される外部記憶装置の容量推移予測を示す。このような大容量性を実現する技術としては、磁気ディスク装置、半導体ディスク装置、光ディスク装置などがあり、それぞれが今後も大きな技術的進展を行っていると考えられる。磁気ディスク装置では垂直磁化方式や負圧スライダ技術、薄膜ヘッド技術の利用が進むとともに、製品によってはデータ圧縮技術の採用などが行われるであろう

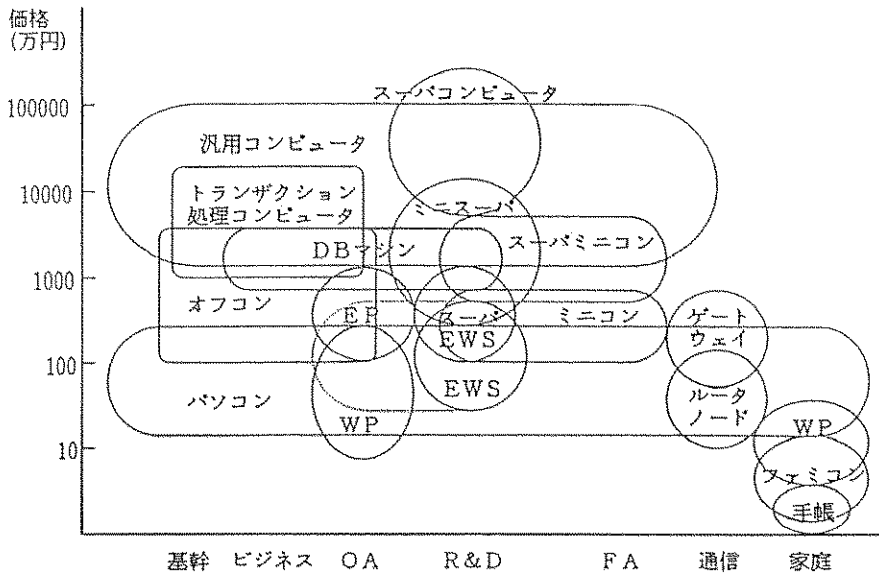


Fig. 5 コンピュータの多様化
出所)通産省「1990年代における技術予測」(1989年)

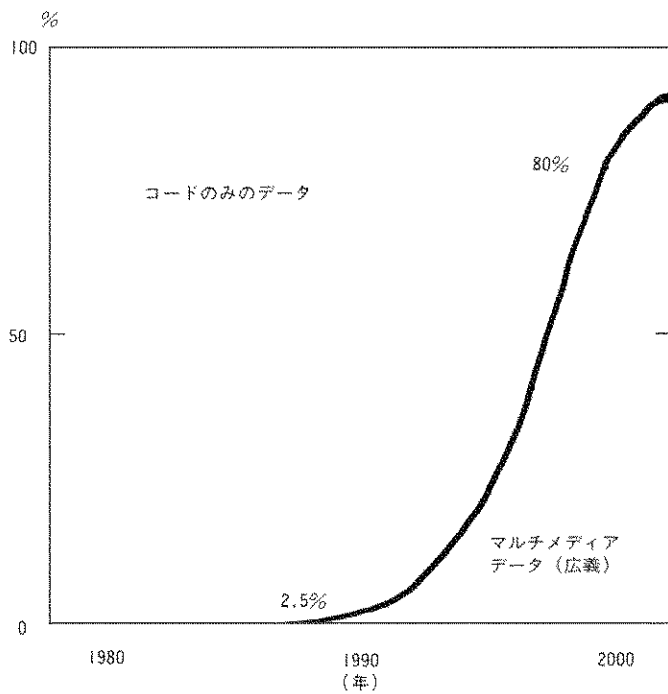
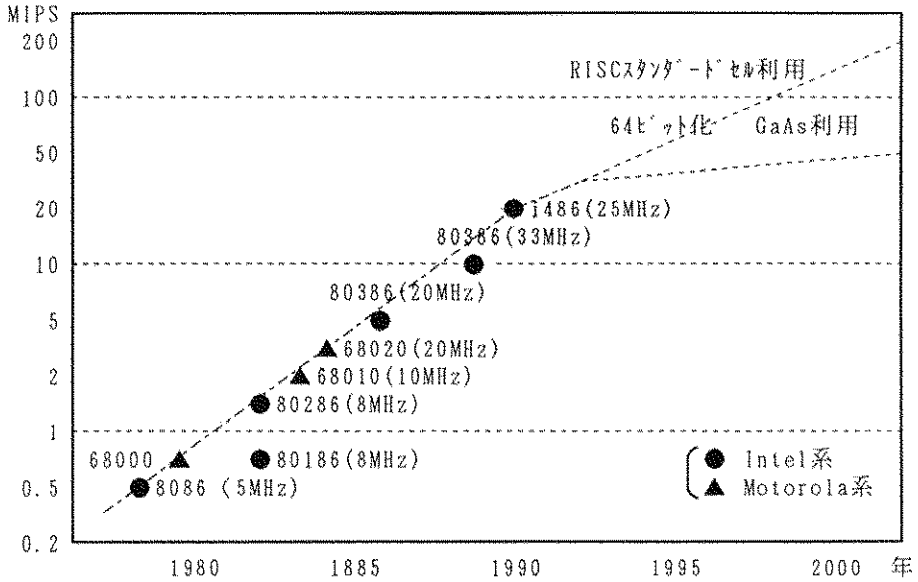


Fig. 6 データのマルチメディア化予測(日本)
出所)野村総合研究所

CISCチップの性能推移予測



RISCチップの性能推移予測

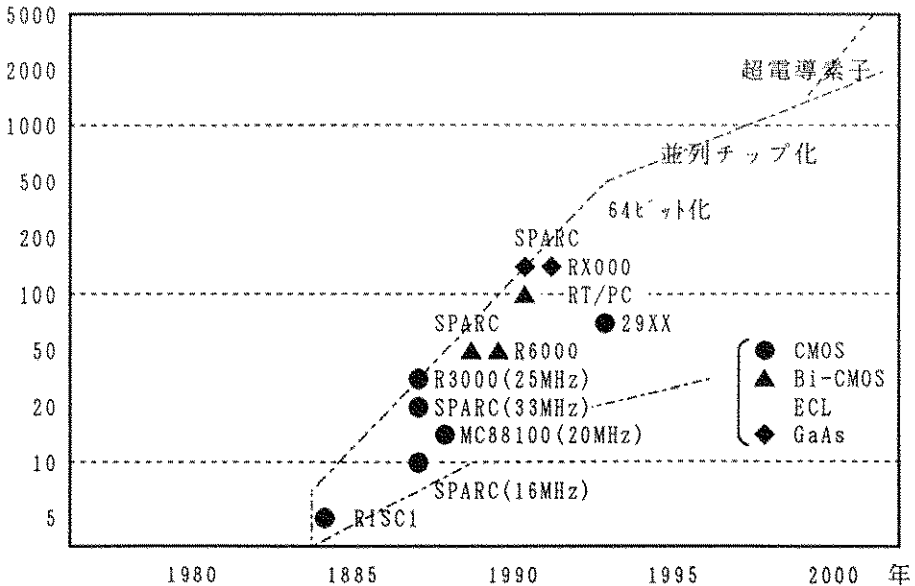


Fig. 7 MPUの性能推移予測
出所)各種資料より野村総合研究所

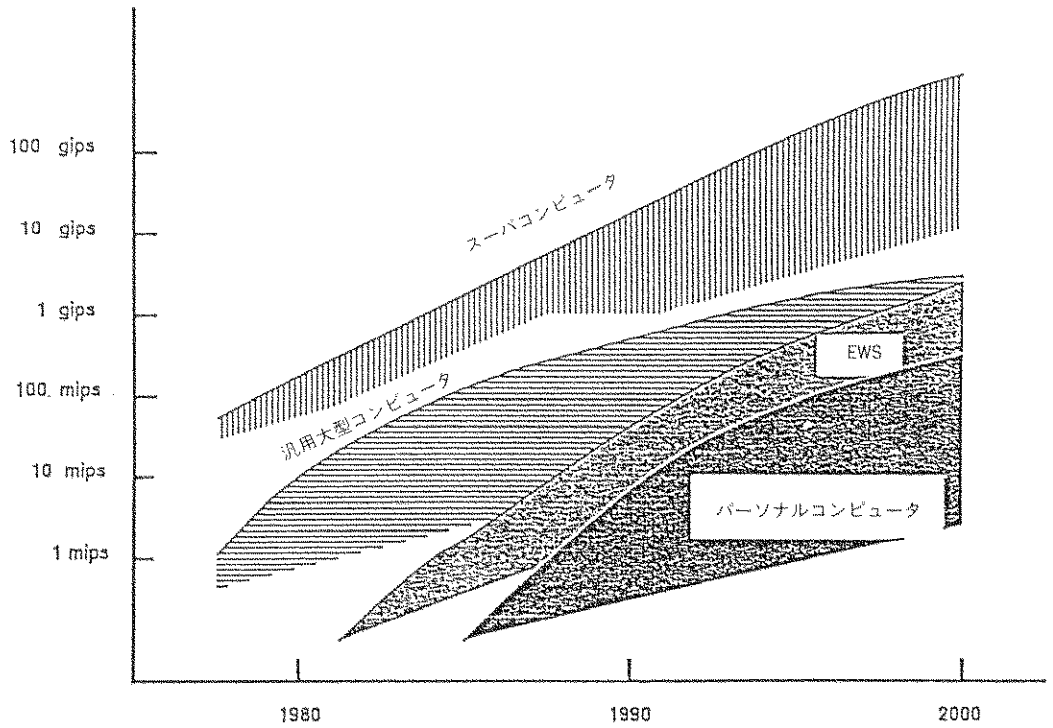


Fig. 8 各種コンピュータの性能推移予測
出所)通産省「1990年代における技術予測」(1989年)

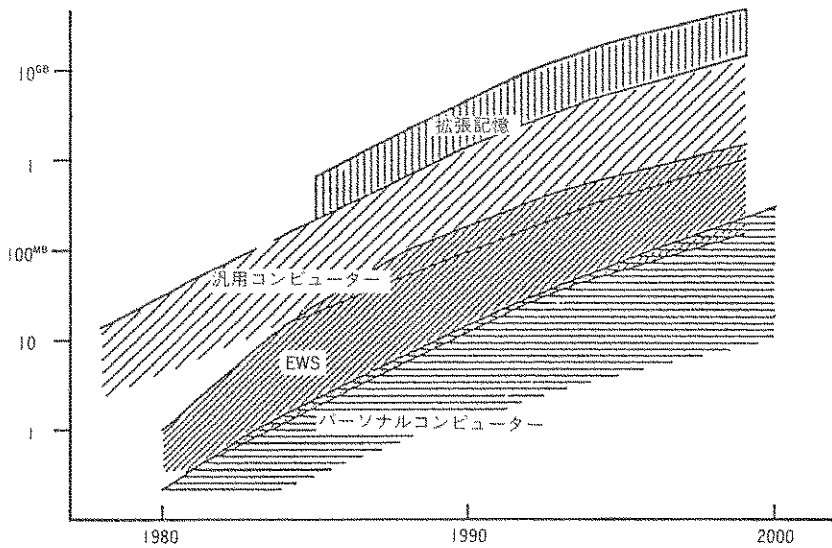


Fig. 9 各種コンピュータの主記憶容量推移予測
出所)通産省「1990年代における技術予測」(1989年)

う、半導体ディスク装置も2000年までには64 MDRAMチップを採用してくるようになるであろうし、またウェハ・スケール・インテグレーション技術の採用により、ウェハ数枚で大容量記憶装置を実現してくると推測される。

しかし最も期待される装置は光ディスク装置である。1989年になって書き換え可能な光磁気(MO)ディスク装置の市場が本格的に立ち上がり、今後急速に普及してゆくことが期待される。現在は性能的にまだ不十分なところがあるが、材料やコントローラの改善、短波長半導体レーザーの開発などにより、次第に欠点が解消され、リムーバブル媒体として新しい用途を開いて行くものと期待される。Table 3に各種光ディスク媒体の特性比較を示したが、2000年に向かって波長多重技術やPHB技術などの研究も進められ、21世紀にはこれらの技術が実用化されている可能性もある。

3) 高速コミュニケーション

今後のコンピュータの重要な利用形態として注目されているのがグループコンピューティング/ネットワークコンピューティングであるが、これを実現するためには単にコンピュータ側の開発だけでなく、高速コミュニケーション技術の開発も

必要になってくる。特にコンピュータ環境としてはLANの動向が大きく影響すると考えられる。

Table 4にLANの性能推移予測を示したが、今後急速に性能が向上することが予測される。特にFDDI(Fiber Distributed Data Interface)を始めとした光ファイバの利用が急速に拡大してくると考えられる。またISDN(Integrated Services Digital Network)の普及拡大により、ISDNを中心としたコミュニケーション技術も発達し、2000年までには中小企業にもPBXを中心としたLANが普及してくると予測される。

4) 高信頼性技術

高信頼性技術としては、耐久性/フォールトトレラント性と、秘守性という2つの方向がある。耐久性/フォールトトレラント性を向上させたコンピュータとして、フォールトトレラントコンピュータがあるが、今後の製品は並列処理コンピュータとなってくる。マルチプロセッサを効率良く利用し、かつある程度の冗長度を持たせるためには並列処理コンピュータが最適となると推測される。またフォールトトレラントコンピュータは金融、流通などのOLTP(On-Line Transaction Processing)分野での利用が主体であることから、OLTP処理に向く並列処理コンピュータ

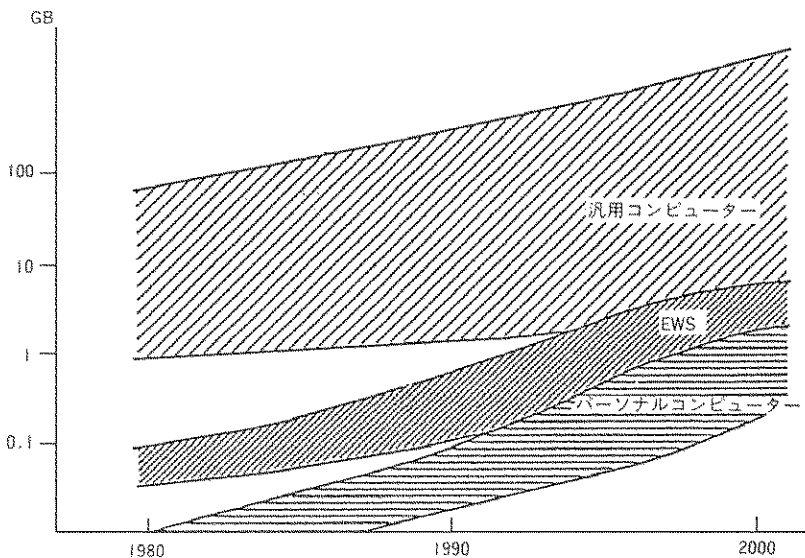


Fig. 10 各種コンピュータの外部記憶容量推移予測
出所)通産省「1990年代における技術予測」(1989年)

と融合してくることになる。

システムの耐久性向上は、各種装置の耐久性向上によって実現されるが、特に材料技術に依存するところが大きい。絶縁技術や耐熱技術、平滑化技術などが耐久度を向上させる。また高性能電池技術も重要な技術として注目されてくるであろう。

秘守性を実現する技術として、暗号化技術やス

ベクトラム拡散技術がある。それぞれある程度の技術的発展は見られているが、今後LSI技術や通信制御技術が発達するに従って、実用に耐える技術となってくると推測される。

以上のような各種技術の発展により、コンピュータは高性能化、多様化し続け、社会生活の基幹技術として重要な役割を負うようになってくると推測される。そして2000年までには人間の補助知

Table 3 光ディスク媒体の特性比較(1989年3月)

記録方式	追記型	光磁気	相変化	波長多重	PHB	(参考)垂直磁化
先進メーカー	日立、パイオニア、LSI等	ソニー、キャノン、Maxtor等	松下電器産業 IBM	松下電器産業	IBM 三菱電機	Conster
開発の段階	商品化	商品化開始	実用化	開発中	開発中	開発中
記録密度(1Gb/inch ²)	1	1	1	2~10	1,000	0.1~1
使用温度範囲	常温	常温	常温	常温	低温(-196°)	常温
素 材	TeO _x 系	TbFeCo系	GeSbTe系	フォトクロミック	ポルフィリン	CoCr系
記録用パワー(mW)	5~10	10~30	20~40	10	—	—
記録時間(ns)	100	100	100	25以下	1	5
アクセス時間(ms)	100	40~100	42	—	—	10以下
転送レート(MB/s)	1	0.5	0.5	—	—	5~25
オーバーライト	—	開発中 (日立のみ可)	可 能 (松下の製品)	開発中	—	可 能

注) 値はおおまかな代表的な値を採用している。

PHB: Photochemical Hole Burning

出所) 各種資料より野村総合研究所

Table 4 LAN の性能推移予測

	現 状	1995	2000
支線 LAN	Ethernet : 10 Mbps Token Ring : 4.0 Mbps Apple Talk : 230 Kbps デジタル PBX-LAN : ~64 Kbps (大型デジタル PBX)	Token Ring : 16 Mbps Ethernet : 10 Mbps デジタル PBX-LAN : ~1.5 Mbps (大・中型デジタル PBX) 光トークンリング : ~100 Mbps	光トークンリング : ~100 Mbps FDDI : 100 Mbps デジタル PBX-LAN : ~32 Mbps (大・中・小型デジタル PBX) キーテレフォン-PBX : 64 K~1.5 Mbps
基幹 LAN	FDDI-I : 100 Mbps Ethernet : 10 Mbps Hyperchannel : 50 Mbps	FDDI-II, III, IV : ~600 Mbps Hyperchannel : ~200 Mbps	FDDI-V : 6.4 Gbps コヒーレント通信 LAN : ~50 Gps

出所) 野村総合研究所

能として、なくてはならない存在になってくる可能性さえある。

4. コンピュータの進展を支える材料技術

コンピュータは今後も大きく進展し続けると考えられるが、この進展は多くの材料技術によって支えられてくると推測されている。ソフトウェア技術が人間の知能に依存しているために急速に発展することは難しく、コンピュータの速い開発スピードを支えるためにはハードウェア技術が発展し続けることが必要となってくるためである。

コンピュータの高速化は主として半導体技術の高度化によるが、半導体の集積度を向上させるためには多くの材料技術が必要となってくる。現在の1 MbのDRAMを製造するためには0.3 μm径のダストでもクラス10程度のクリーン度が要求されているが、64 Mbチップの量産を行うためには0.05 μm径のダストでクラス1以上のクリーン度が必要となってくる。現在はこのようなクリーン度を実現するようなフィルタが存在せず、今後は0.01 μmのダストを捕集できるグラスファイバフィルタの開発を待たざるを得ない。

また高速処理を実現するために高密度実装すると、熱拡散の問題が生じてくる。現在の材料技術では強制空冷で対応できるコンピュータは非常に少なくなっており、次第に伝導液冷、浸漬液冷が主流となり、最終的にはなんらかの新しい冷却技術が必要となってくる。そのために熱伝導の良い素材の開発が急務となっており、高伝導セラミックスやダイヤモンド薄膜などの材料技術に注目が集まっている。

大容量化技術も材料技術の発達に依存しているところが大きい。半導体の集積度向上のためには材料技術の発達が欠かせないことは既述したが、光ディスク装置も材料技術が発達しないことには性能の向上を見ることが難しい。

現在、光ディスク装置のデータ転送速度が低いのは、ディスク媒体のエラーレートが高いために誤り訂正を行う必要があるためであり、誤り訂正がない場合に比較すると2～3倍の時間を必要としている。そのためにエラーレートの低い材料の

開発が進められている。また基板の偏心や平滑度の不足などもエラーレートを上げている要因であり、そのために偏心しづらく平滑度の高いガラス基板の採用などが急がれている。また記憶密度を向上させると期待されている青色半導体レーザーの開発も、結局は材料技術の進展に依存している。

高速コミュニケーション技術を支えるのも材料技術である。低損失の光ファイバを開発するためには優れた材料技術が必要であり、SAWなどの高周波フィルタやHEMTを利用した高周波アンブを作るためにも材料技術の発達が必要である。

高信頼性技術における材料技術の役割は前記した通りである。

このように優れたコンピュータを開発するためには、数多くの材料技術が発達する必要がある。よってより良いコンピュータ社会を実現するためにも材料技術を発達させる意義は大きい。

〔筆者紹介〕



新井 靖彦 (あらい やすひこ)

1986年：慶應義塾大学 大学院
電気工学科 修了

1986年：(株)野村総合研究所 入社

以来、ゲームマシンからスーパーコンピュータまでの製品企画と事業化戦略を行うリサーチ・コンサルティング業務に従事。