ハイテクの動向と展望

The Trend and Approach of High-technology

水 谷 博*

ハイテクとは、もとより、ハイテクノロジーの意味であるが、現在では広く、産業も含んだ意味で使われている。

ここでも、ハイテクとは技術と産業を含めた用語として使用する。

1. はじめに

最近、マスコミなどで、ハイテクとか、先端技術という言葉が毎日のように聞く。さらに、宇宙での工学実験や、バイオテクノロジーの成果、エレクトロニクス、そして新素材といった技術的なニュースの多いのにも驚かされる。しかし、それほどに一般の人々にも強い関心が持たれているものと思われる。

今年が1985年であるから、21世紀まで、あと15年ということになる。各種のハイテク関連技術の花が咲いて、おおいに技術が進歩し、人類社会のために活用され、経済的に、社会的に、そして生活の面などに、大きく貢献するものと思うが、環境面ではどうなるのか、大きな関心の持たれるところである。

そこでまず、光産業、マイクロエレクトロニクス、コンピュータを含む情報関連の技術について、その動向の一端を簡単に述べてみたい。

2. 光産業

最初に、光産業であるが、これには非常に多くの種類のものがあり、簡単には説明できないが、一口に言えば、光エレクトロニクスに関係するすべてのものということになる。そして、この中の代表格といえば光ケーブルであろう。

そこで、この光ケーブルについて少し述べる。

光ケーブルの原理は、本来日本で発明されたものであるが、米国で注目されて発展し、それが日本に逆輸入されて、さらに発展し、そして再度米国その他に輸

出されるようになったものである。

現用の光ケーブルの構造は、シングルモードとマルチモードの二種類あるが、伝送損失の少ないのはシングルモードで、これは、光の屈折率のやや大きいコアと称する直径5～15ミクロンの細いガラスと、これを囲む円筒状のコアより若干屈折率の低いガラスで作られた二重構造のものである。そして、コア内をレーザー光が反射を繰り返しながら伝送するものである。マルチモードは、さらに段階型とグレード型の二種類があるが、前者の例では、コアガラスの直径が50～100ミクロンとシングルモードより、太いものであり、構造も少し異なる。マルチモードは伝送損失がシングルモードより少し大きいですが、光ファイバー同志の接続の際の許容誤差が少し大きくとれるので、ケーブルテレビ(CATV)とか、ホテルやビル内の配線などにもよく使用されている。シングルモードは主として、電々公社の幹線などのやや高度の技術を必要とするところに使用される。

この光ファイバーを光ケーブルとして構成する場合に、機械的な強度をもたせる必要上、構造は割合に複雑になる。日本で開発されたもので、8芯と48芯の例では、8芯は、強化プラスチックの抗張力材を中心に、8本の光ファイバーをまとめ、外側にビニール系の保護の皮覆を行っている。48芯は、プラスチックの抗張力材の上に、在来の銅線のカッドを配置し、さらにその周辺に、鋼線の抗張力材に6本の光ファイバーを添う形としたもの、8本と介在物を配置し、外周にビニールの保護皮覆を行っている。全体の外径はやや大きくなるが、これは中小規模の通信用光ケーブルの例である。

シングルモード、マルチモードで特性上若干の差はあっても、両者とも、信号で変調したレーザー光を導入して伝送するが、その周波数が非常に高いために、伝送の信号帯域を極めて大きくとれることと、従来のケーブルと比較して、伝送損失が格段に小さいことで

* 関西大学工学部電子工学科教授(工博)

Hiroshi Mizutani

ある。その上に、光であるために、外部からの電氣的雑音を拾い難いことが大きな特長である。そして、材料としても、48芯のようなものは、若干の在来型の銅線介在ケーブルが、隙間を埋める形で入っているが、銅の使用は、在来のものよりずっと少ないので、資源的にも、環境的にも望ましい。

欠点としていたケーブルとケーブルの接続も、つまり光ファイバー同志の接続が技術的に困難とされていたものが解決されて、急激に光ケーブルの使用が増大して来たものである。海底ケーブルとしても非常に有望視され、近い将来布設されるであろう。

今年2月に、電々公社（4月より会社組織）で、北海道の旭川から九州の鹿児島まで、光ケーブルが通って、日本を縦貫したことになる、新しい通信技術の確立となる。一本の光ファイバーで、最大で、電話約5,700回線もの将来増加であるから、8芯ならば45,600回線、48芯ならば273,600回線となる。（使用頻度の少ないところは芯線数を減少し、多いところは増大し、市内間の中継用ケーブルのような場合は200芯といったものが考えられているようである。）勿論、電話のみではなく、テレビも、ファックスも、そして各種の情報が送られ、いわゆるデータ通信の幹線として使用されることになり、北海道の環境データを鹿児島のコンピュータで、処理をするといったようなことは簡単にやることになる。

今年4月から、電々公社の電気通信事業の自由化に伴って、高度付加価値通信網-VAN（Value Added Network）の営業を一般企業で開始しているが、そのサービスネットワークとして、各鉄道線路（地下鉄を含む）沿いや、市内の地下共同溝内に光ケーブルを布設する計画が方々であり、これから、VANに対する光ケーブルの需要も急増するであろう。

そして又、各事業所や大学などの構内に光ケーブルを張り巡らせて、地域内での各種情報を処理するいわゆるLAN（Local Area Network）としても大いに活用されるであろうし、また、地域での双方向性を含むCATVとしての光ケーブルの需要も大きくなろう。

光ケーブルについては以上のようなことであるが、レーザ、特に半導体レーザが、また、各種の画や文字の表示などのプラズマ、そして液晶など多くの光エレクトロニクスの応用製品が多方面で活用されている。これらの中で特色のあるものを若干挙げると、画像の信号をプラスチック製円板に記録しておいて、随時レーザ光線で画像信号を再生できるようにしたレーザデ

ィスク(LD)や音を記録しておいて同様にレーザ光線で再生するコンパクトディスク(CD)などがあるが、今後需要は大きく伸びるであろう。

また、日本独特の技術として、ビデオカメラの光電変換素子で、目の網膜に相当するもので、いわば微小の光ダイオードをモザイク状に並べた感光板がある。大別してMOS型とCCD型があるが、これから各方面で活用さらるであろうが、米国などから強く注目されている。

昭和58年度の経済白書の中で、光産業の将来の伸びを予測しているが、これによれば、マイクロエレクトロニクス産業に次いで大きく、バイオテクノロジー、新素材産業より、かなり大きく予測されている。（一部の大手企業の予測によれば、1975年の価格で、2000年の生産額は、光ケーブルのみで100兆円を超える。）

3. マイクロエレクトロニクス

つぎに、マイクロエレクトロニクス(Microelectronics)について述べるが、通常、略語としてMEと一般的にいわれており、最近では、経済関係などの他分野の一般の人々もかなり関心が強く、多くの書物が出されている。このMEの名称は、古くは医用電子(Medical Electronics)のことをいったものである。その語源は、トランジスタからICへの発展の時期によく使用された言葉で、ICの初期まで好んで使われた。1963年のE. Keonjian著、Microelectronicsが、本の表題となった最初のもので、この本の第1章に、用語の説明があり、日本でも、用語委員会によって、用語の定義付が行われ、Microelectronicsの訳語は、「超小形電子技術」とされ、その意義は「超小形の電子回路の実現に関連した技術の総体をいう」となっている。

そして、ICの発展とともに、いつしかマイクロエレクトロニクスの言葉はあまり使われなくなった。

さらに、IC時代から、次のステップであるICを大規模化したLSI(Large Scale Integration)の時代に進み、技術の進歩から、より小形化とともに信頼性が向上し、今日に見られるような超LSI(VLSIまたはULSI)の時代に入り、この頃から、マイクロエレクトロニクスの言葉が再び使用され出したのである。

そしてさらに、年度が進むほど製造技術の進歩が早くなり、今年(夏の予定)に、遂に、1メガビットのDRAM(随時書込み読み出し可能で一定周期にパルスを加える形式のコンピュータ用記憶素子)が、世界

に先がけて発売されることになっている。その微細化は驚くべきものであるが、今後の予測では、1990年で1チップ(4mm~8mm四方形度)で16メガ個当の素子数の集約が予測されている。今後LSIの需要は爆発的に増大することがいわれており、前記経済白書の予測でも、各種産業中、最大の生産額となっており、今後の日本の経済を支える最大の担い手として注目されているものである。(前記大手企業の将来予測では300兆円を超える。)

つぎに、このマイクロエレクトロニクスの産業界に対する影響を考えてみる。LSIは、当然コンピュータ関係に大量に使用されるが、通信分野、コンシューマコースなどのエレクトロニクス関係はいうまでもないが、他種企業である機械その他の多くの企業でも使用され、その製品の形が変るのみでなく、製造の方法まで変化し、その結果流れ作業の人員が不要になったり、事務の機械化が進んで、この分野でも余剰の人員が出ることになり、結局、マイクロエレクトロニクスが社会面でも大きなインパクトを与える結果となって来たのである。

マイクロエレクトロニクスがエレクトロニクス産業に大きな影響を与えているのは当然といえるが、このように、他種産業に非常に大きなインパクトを与えていることを、例をあげて説明する。例えば時計産業である。従来の機械式の時計の時代には、スイスが質量ともに、世界第一であったが、今日では完全にIC化して、機械式のものは、マニアか装飾用に使用する位で、極く少量の生産となってしまっている。完全にマイクロエレクトロニクス化し、日本企業の独走の形であって、誰も予測できなかったことである。

写真産業でも大きな変化が起りつつある。従来の化学変化に頼る感光フィルムに代って、ビデオカメラ(これにも前述のMOS板やCCD板が用いられる)とVTRを一体化し、フロッピーディスク(磁気フィルム)に、何枚かの画像を電気信号の形で録画するものが作られている。現在のところ、解像度も、階調、色調も感光フィルムに及ばないが、いずれは磁気フィルムに置き代る時代が来ると思うのである。

製造の工程を見ても、例えばテレビ工場で考えると、古くは流れ作業で、ベルトコンベアで移動して来る組立て工程のテレビの側面に多数の人員を配置して作業をしたものであるが、今日では大量にIC化された上、ICなどの部品を基板に挿入するのにも、自動挿入機ですみ、殆んど人手を必要としないのである。こうい

ったことは、他種産業でも生産の自動化が積極的に進められて、テレビ工場に限ったことではない。

このようにマイクロエレクトロニクスがいわば仕掛人となって、製品はもとより、その製法や企業の構造や形体まで、変えてしまう話は幾らでもあり、今後ますます活発に続くと思うのであるが、将に、マイクロエレクトロニクス革命である。

そして、今後、産業用ロボットやファクトリオートメーション(FA)化、又、事務のオートメーション(OA)化が進む結果、企業の雇用や人事体系に大きく影響し、社会的インパクトがますます拡大するものと思われる。それがために、1970年にローマクラブが創設されて以来、種々論議され、1982年10月に東京で開かれた際にもマイクロエレクトロニクスが社会や経済面に与えるインパクトのプラスとマイナスの面について活発な討議されたのもまだ記憶に新しいところである。(現在ローマクラブはアレキサンダーキング氏を会長として、世界の学者や知識人100人で構成され、日本からは永井道雄氏、丹下健三氏ら7人がメンバーである。)

4. 情報関連産業

つぎに情報関連産業である。

電話回線による文字、図形のサービス(CAPTAIN)が郵政省と電々公社で、昨年末から本格的営業に入っている。また、通信衛星の実用も周知のことであるが、昨年春に放送衛星BS-2aが打ち上げられて、テレビ放送の実用化(故障のため1チャンネルのみ)を開始し、引続いて、今年にはBS-2bが打ち上げられる予定であり、放送衛星も実用の時代に入った。CATVの計画も方々で実行に移され、双方向性のものも検討され、これからの高度情報化時代の幕明けとなるが、このような一連の新しい情報の送受に使用される端末機器を含むシステムの総てを総称してニューメディア(New Media)といわれている。

また、CATVセンターなどを介して、電々公社(4月から会社組織のNTT)のデータ通信線路に相互接続を可能とし、総合的な情報網として考えるのが高度情報通信網-INS(Information Network System)である。1990年代を目標として、約30兆円の大事業である。

他方、民間企業として、VAN事業が4月から開業である。勿論データベースのものもあり、非常に多くの事業が企画され、郵政省でも、家庭や地域全体の情

報化を目指すテレピアの建設が考えられ、通産省でも情報網の構想がある。

このような新しい情報化社会の構築に向けて、大きく動き出したのは、いうまでもなく、前述の光ケーブルや超LSIなどのエレクトロニクス技術の急速な進歩が背景にあることはいうまでもない。

そして国内のみでなく、世界最大の通信企業である米国ATT社が、VAN事業に極めて積極的であり、日本での本格的営業が注目されるが、この方面の事業では米国よりも日本は後れており、内外のVANやINSその他の情報関連の企業がどうなるのか、また今後どの方向に伸びて行くのか、まだ未知であって、前途に多くの問題も控えているようである。

しかし、一度動き出せば、活発に使用されるようになるのではないかと思うのである。そして、各家庭や企業、学校などが大きく変化するであろう。中でも家庭が大きく変わり、映画、劇、音楽会などの鑑賞や各種家庭情報、種々の切符の予約と発売、ホームショッピング、銀行との間でホームバンキング、病院との間で簡単な自宅診断や応急対策が、役所などの各種証明書の発行、学校との間で授業参観や教師との個人面談、さらに塾の個人指導などが在宅のまま行えるので実に便利になる。新聞も家庭のプリンタまたはFAXで受信することが可能となり、配達する必要もなくなる。

情報網がかなり完備するので、企業や大学などで、LANを活用するであろうし、データベースのものやINSやVAN利用による情報収集や本社支社間のテレビ会議などが積極的に使用されるであろう。また、端末を自宅まで伸ばして、在宅のままCADやOA機器の操作もでき、生活様式が大きく変化するであろう。

さらに、図書館は現在のところ、どこでも蔵書が増加して、その始末に困っており、倉庫を借りて、そこに格納するところが増加しているが、その対策として、マイクロフィルム化あるいはマイクロシート化している程度である。そこで、情報システムの活用ということになるが、前述のLDに、書籍を一頁ずつ録画しておく。そうすると大型の百科辞典でも、せいぜい1枚のLDに収容されるので、大量の書籍でも、あまり大きな容積にならない。そして必要なときに、巻と頁を指定すればすぐにCRTで見ることが出来、そしてプリンターで印刷もできる。しかし、これだけではあまりメリットがないのであって、もっと大きな特色は、図書館の間で専用のデータ通信回線があれば、図書を共通に利用できることである。もっと、極端なことを

いえば、例えば、国会図書館にだけ蔵書があって、すべてLD化しておいて、全国ネットワークのデータ通信網で、各地の図書館で利用可能にすれば、非常に合理的となり、蔵書の一冊もない図書館が出現することになるだろう。

そして、近い将来、海底光ケーブル（現用の宇宙通信もあるが費用が高い）が布設されると、国際的な図書の利用も可能となるし、そのみではなく、国際会議も、あるいは大学などの国際的な講演や講義も容易に行える。

情報過密といわれて、既に久しいのであるが、高度情報化時代の幕明けとともに、将に、情報超過密の時代を迎えることになる。これは人間の社会活動の上で、非常に大きなプラスになることは間違いないが、その反対のマイナスの面もあることは、マイクロエレクトロニクスで述べたのと同じようなことである。そして、今一つ考えなければならないのは、その高度情報化時代に対する代償である。直接的な経費は、各種情報端末機器を購入し、光ケーブルを布設し、そして、INSやVANの使用料を支払えばよいことになるが、その経費は極めて大きいものとなろう。従って、その情報網の利用価値を十分に考えた上でということになるだろうが、その背景にある情報網の活用の結果、将来波及する影響も十分考える必要があると思うのである。例えば、新聞社や図書の出版企業などが非常に大きな打撃を受けることはいうまでもない。

すでに述べたように、要するに各種の新しい技術によって、あまり多くの労働力を必要としなくなり、日本ではまだ良いのであるが、海外では非常に失業者が増加しつつあり、この傾向はますます強くなろうし、日本でも、大きな社会問題となるであろう。

つぎに環境面で考えると、前述のように、LANなどの活用によって、一部の人は在宅勤務が可能となれば、通勤を必要としないので、その分だけ交通需要が減少することになるし、本人の余分の労力が省け、企業側としても利益になることが多いので、積極的に活用を考えるべきであろう。そして、またCATVなどの利用によって、家庭としても文化的社会的活動での人の移動を減少できるとすれば、この面でも交通需要は減少する。環境対策上、交通需要の減少するものは、好ましいことである。

また、最近では大きな構造物は別として、多くの場合製品の軽量化減量化がはかられ、この傾向はますます進められると思うのである。これには、設計と加工技

術の進歩で、より少ない材料で強度が十分であり、いままでよりも、軽量の材料を使用したり、あるいは新素材の開発で、新しいより軽い材料を活用することを考えるなどによって、今後、軽量化減量化の傾向はより強くなろう。

例えば、航空機の場合、最近では大型旅客機にも、カーボン繊維が使用され始めているが、これは軽量化とコスト低下のための新素材活用の例である。

このように、原材料の減少や軽量化、さらに製品の軽量化で、これらの輸送経費の低減と、さらに交通需要の減少につながることであり、前述のことともに、環境上望ましいことである。

また、一概にはいえないが、製造で思い切ったCAMなどの自動化が取り入れられる結果、製造のロスや無駄が減少し、また、製造工程で人為的な要素が入らないので、かなり完全な制御が実施できるので、結果的に或程度の公害物質の排出を減少させることが可能と思われる。また、人間の入れない環境条件の悪い工程でも、自動化によって無人化できるので有利な条件になると思うのである。こういった点は、プラスになる事であろう。

5. ハイテクの方向

以上、ハイテクの中、光産業、マイクロエレクトロニクス、情報関連について、一瞥して来たのであるが、これからのこれらの技術は、さらにどう変わるのか、若干の予測をしてみたいのである。コンピュータの利用で、非常に技術進歩が早くなり、将来を予測することは極めて難しいが、つぎのようなことになると思うのである。

まず、光ケーブルであるが、これは今後10年は変化しないといわれているが、材料面や製造面で少し変わる可能性があらうし、これに付随した通信機器の性能が向上するであらう。そして、各家庭の周辺はもとより、日本国内到るところに光ケーブルが布設されていると思われる。

つぎに、マイクロエレクトロニクスであるが、遠からず、微小化の限界の壁につき当り、超LSIの一部のものは、今までの技術が通用しなくなる。その結果、次の時代に来るものは、いわゆる機能素子 (Functional Device) として、非常に変わったものが出現する可能性が大きい。例えば、既に一部の企業で研究が開始されている遺伝子を記憶素子に使用することである。成功すれば、非常に画期的なことになる。しかし、そうなると、バイオテクノロジーとエレクトロニクスの

区別がつかないことにもなって来るが、これからの技術社会の特色で、もっと多分野での学際的な研究が活発に展開して行くものと考えられる。

結局、超LSIの一部は、述べたように機能素子化が進められるであらうが、残りの大部分は従来のものと全く変わらず使用され、その使用量は恐らく天文学的なものとなるであらう。

つぎに、情報関連の技術であるが、情報化社会の中心位置にあるコンピュータが急速に進歩し、1990年代に実現するといわれている第五世代コンピュータの時代では、ある程度の推論を可能とし、知識情報処理が可能となっているであらうから、情報の使い方も、内容も大きく変化する。さらに、小型のコンピュータも急速に性能が向上し、また使い易くなっているであらうから、高度情報化時代の第二段階の変化がおくと思うのである。そして、この時代は、恐らく現在とは非常に変わった時代となり、技術も、社会も、そして生活様式も相当変化していると思うのである。

また、ニュースなどに伝えられるところによれば、バイオテクノロジーによって、新しい穀物が作り出されたり、生産の方法が変化するなどの可能性があり、牧畜も又そうである。そして、農業の形体も、かなり工業に近付いたものとなり、一般の人々の食生活も相当変化するように思われる。

前述のローマクラブは、創設以来、経済問題や地球の環境問題を人類共通の問題として論じられて来たが、今年度のテーマは「先端技術が社会に与える影響」となっており、その討論におおに関心を持たれる。ここでは当然、水も論ぜられよう。

そこで、最後に水であるが、良質の飲料水や生活用水を確保するということは非常に大切であるが、述べて来たようなハイテク関連の企業では、大量の水、然も純度の高い工業用水を必要とする。2000年で総額300兆円ものマイクロエレクトロニクスに必要とする工業用純水の量は莫大なもので、これを確保するのは容易なことではない。そして、純水は光産業でも大量に要し、他の分野でもますますその需要は増大するであらう。

21世紀に向けての、各種の新しいハイテクの計画が進められるのは結構であるが、その製造に必要な大量の工業用水の確保が、大きな問題となるであらう。