



通信技術の将来ビジョン

Future Vision of Telecommunication Technology

中原恒雄 住友電気工業(株) 特別技術顧問
Tsuneo Nakahara

1 緒言

現在、光ファイバ通信網がグローバルネットワークとして急速に整備されつつある。将来のグローバルネットワークにおいて、幹線網および都市部では光ファイバ通信がまちがいなく主役になるであろう。現在、インターネットが急速に普及しつつあるので、その過渡期においてはアクセス方式としての光ファイバシステムは無線通信、CATV (Cable Television)、あるいはDSL (Digital Subscribers Line) 等、様々な既存のメディアを利用したシステムと共存することになる。将来は広帯域のマルチメディアのサービスが重要になり、光ファイバの比重は徐々に高まっていくものと思われる。いづれにしても、伝送メディアに関わらずシームレスにサービスが提供されるようになるであろう。現在から将来に向けて、光通信技術と、無線通信、CATV、DSLが、互いに補完しあって高度情報化社会の早期実現に貢献していくだろう。これらの役割が将来の高度情報化社会に向けてどう変遷していくのかを考察することは重要である。ここでは、光ファイバ通信とそれを補完する通信システムの関係について将来の技術および市場の分析により考察を加えた¹⁾。

2 高度情報化社会とグローバルネットワーク

半導体・コンピュータを中心とするエレクトロニクス技術・情報技術、光ファイバに代表される通信技術等の急速な進歩が高度情報化社会の到来を予想させている。

グローバルな通信ネットワークの形成には、各大陸をつなぐための海洋を横断する通信メディアを持つことが最も重要である。図1に示すように既に海底光ファイバケーブルが大西洋に9本、太平洋に5本敷設されている。さらに、

大西洋に6本と太平洋に4本の増設が計画されている。新しいケーブルほどファイバ芯数が増える傾向にあり、光ファイバ1本あたりの通信容量も増えつつある。最近のものでは、それぞれの光ファイバは150Gbpsの容量に達するものもある。これらの光ファイバを通して、電話、インターネット、マルチメディア等の広帯域の通信情報が伝送される。光ファイバに加えて、無線通信の進歩により GSM (Global Systems for Mobile Communications: 移動体通信のためのグローバルシステム) や ITS (Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム) のような移動体通信サービスの提供もされるようになった。さらに、衛星放送を用いたデジタルテレビ放送も近く本格的に開始されようとしている。将来は、米国のスペースシャトルの利用や日本の宇宙有翼往還機ホープX、さらには有人宇宙完全往還機などの新しい宇宙輸送技術が開発され実用化されれば、衛星の打ち上げやメンテナンスの費用が10分の1から100分の1に低減されると期待されている。最近、マイクロ波を用いた低軌道衛星通信システムの開始が進められている。次世代の衛星間の交信としてはレーザー光線を用

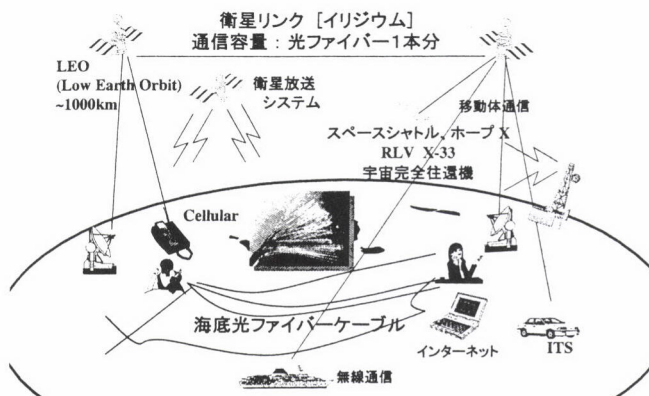


図1 電気通信と放送のシステムの現状
出典：中原他 住友電気(1999年春)

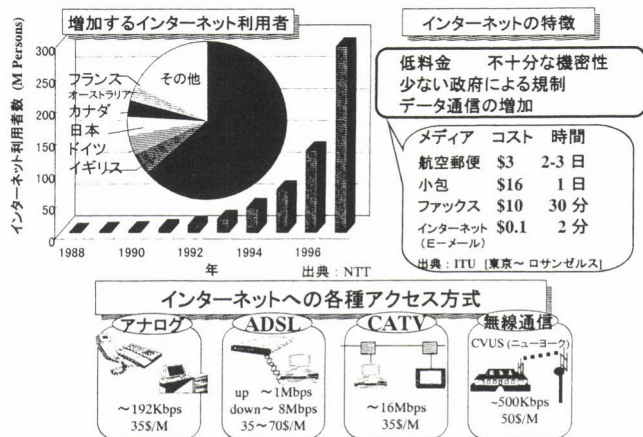


図2 インターネットの急速なる普及
出典: NTTおよびITU統計資料より抜粋

いる研究が進められている。欧州と日本の宇宙局は、これを研究するための共同プロジェクトを計画している。しかし、通信容量について考えてみると、仮にこれが成功したとしても、その容量は高々1本の光ファイバと同程度でしかないであろう。従って、将来とも大洋横断や大容量のグローバルな通信は明らかに海底光ファイバケーブルに頼らざるをえない。

高性能のネットワークを拡張していく過程で、電気通信事業者はこれまでのような単なる電話サービス事業者から、高度な情報通信サービスプロバイダへと変身していくことを計画し、さまざまな将来構想が発表されている。

今日既に、電気通信事業者はインターネットを無視することはできなくなった。図2の左上のグラフは、世界中のインターネットの利用者数の年毎の推移を示している。これから直ちにわかるように、最近その数は急激に増加しており、現在インターネットの利用者数は世界中で既に3億人を超えている。フランスはこれまではやや普及が遅れていたが、1998年の7月に古いミニテル(Minitel)の置換を行うことを決定し、懸命に遅れを取り戻そうとしている。インターネットには信頼性および機密性が不十分という欠点があるが、安価で簡単にグローバルネットワークへアクセスできるなど多くの利点をもっているので急速に普及しつつある。図2の右上の表に、東京からロサンゼルスにメッセージを送る場合の各種メディアのコストとその所要時間を比較して示している。このようにインターネットは圧倒的に有利なので、すぐにでもインターネットを利用しようとしていることがわかる。人々のこのような要望に応えるために、今日の米国では、アナログ、ADSL、CATV、無線通信などのいくつかのオプションが提供されている。これらの料金とサービスの内容が図2の下段に示されている。

インターネットの普及において、最近特に注目されるの

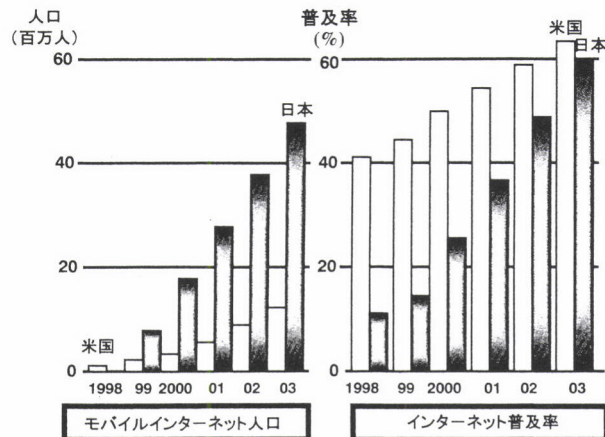


図3 インターネットと携帯電話
出典: 日経ビジネス (2000年4月24日号)

は、携帯電話を利用したモバイルインターネットの急激な進展である。図3右側に示すように、パソコンを用いたインターネットの普及率において日本は米国に遅れること数年、2000年においても普及率は米国の約半分であるが、同図左側に示すようにモバイルインターネットにおいては、既に米国を凌駕している。1999年春に、i-Mode、EZ-web、2方式の携帯インターネットサービスが開始されたが、2000年6月には、利用者数が早くも1千万人を超えるまでに普及した。2001年には、NTT DoCoMo、J-Phoneが国際標準であるIMT-2000に準拠したW-CDMA (Wide-band Code Division Multiple Access) 方式によるサービス開始を予告しており、そうなれば現在の数十倍の速度のデータ通信が可能になろう。2003年には、携帯インターネットの利用者数は50百万人近くに達すると予測されている。

財団法人光産業技術開発協会では、次世代ネットワークの技術ロードマップの目標を上方修正することを公表した。図4に示すように、グローバルネットワークでは、最低10Tbpsを1万kmのスパンで伝送することが新しい目標となった。地域IPネットワークでは、幹線ループとしては

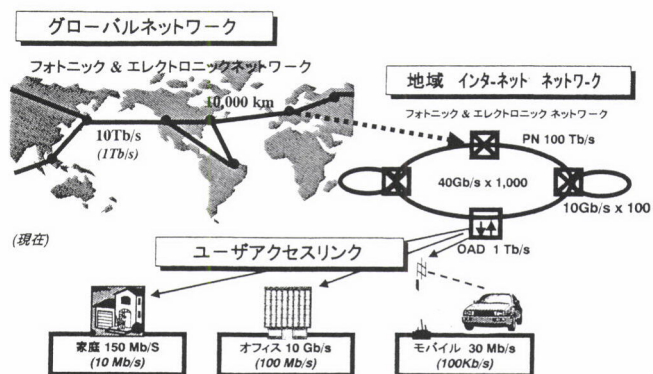
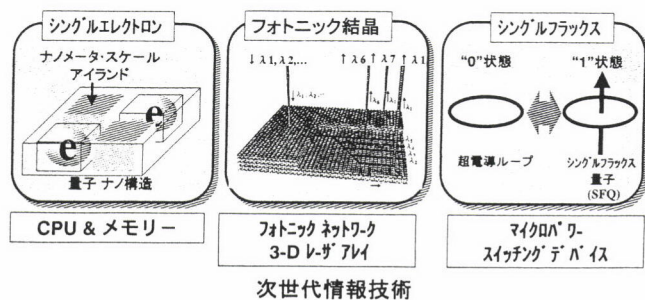


図4 次世代ネットワークの技術ロードマップ
出典: 中原講演 Invited Lecture at Sydney University (2000年3月)



“グローバル情報化社会”の実現

図5 将来の技術イノベーション

出典：中原講演 IMS Vision 2020 Forum(2000年2月)

40Gbps、1000回線、サブグループでは10Gbps、100回線が新しい目標とされた。これらを実現するためには、従来のエレクトロニクス技術のみでは不可能で、新しいフォトニクス技術との組み合わせが必要であることが確認された。これらの新しい目標は、将来は各家庭では150Mbps、オフィスでは10Gbps、モバイル通信では30Mbpsの通信需要があるという想定に基づいている。

図5に次世代ネットワークの実現に向けた究極の素子技術の例を示す。ひとつはシングルエレクトロン・トランジスタであり、これは将来の超高速CPUおよび超大容量メモリに適している。二つ目はフォトニック結晶技術で、数千波長の波長多重等に適している。三つ目は超伝導を用いたシングルフラックス素子で、極めて微小な電力で超高速スイッチングをするのに適している。将来これらの革新的な技術イノベーションにより、本格的なグローバル情報化社会が実現されていくであろう。

3 将来のグローバルネットワークへのアクセス

将来の理想的なアクセスシステムが完成されるまでの過渡期には、既存の設備、需要、経済性によって、図6に示したような多様なアクセスの方法が利用されるであろう。最も簡単な方法は、既存の電話回線を利用することである。既存の銅線の電話ケーブルを使ってより高度なアクセスサービスをするために、電気通信事業者が1.5~8Mb/sの通信速度のxDSL(x Digital Subscriber Line: xにはいろんなアルファベットが当てはまり、ADSL、SDSL、VDSL等、各種のデジタル加入者回線を総称するもの)サービスを提供する場合もあろう。もし、ケーブルテレビ(CATV)ネットワークが敷設されていれば、事業者はケーブルモデムを付加して10Mbpsまでの通信速度のネットワーク接続

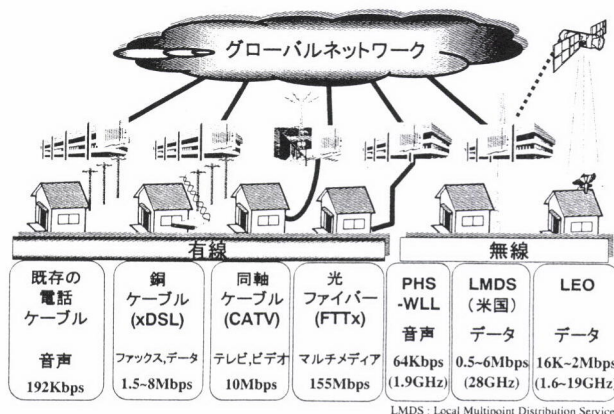


図6 各種アクセス方式

出典：中原他 住友電気(1999年春)

サービスを提供できるであろう。光ファイバのネットワークが家庭の端末まで接続されれば、最高で155Mbpsの通信サービスが提供される。利用者の生活スタイルや人口密度により、無線通信が有利な状況もあるであろう。米国では、無線通信によってより高度なサービスを提供するLMDS(Local Multi-point Distribution Service)が既に商用化されている。将来、LEO(Low Earth Orbit: 低軌道周回)衛星通信が広帯域のチャンネルを提供することも想定される。有線か無線かというアクセスチャンネルの選択は、需要や既存の投資を考慮した全体の経済性に基づく電気通信事業者の選択に依存する。

電気通信事業者の光アクセスに対する展開戦略はどのようなものであろうか。電気通信事業者は、過去にアナログスイッチングからデジタルスイッチングへの移行という技術革新に基づいて、通信システムの大変更をするという経営戦略を経験している。フランスと日本は、既に局間のデジタル化を完了した。やがてすべての主要国でデジタル化が完了するであろう。

電気通信事業者の次の戦略はアクセスネットワークの光化である。光アクセスネットワークの構築が現在既に進行中である。NTTのネットワークの光化率は現在20%であり、2010年までに光化を完了することを目標にしている²⁾。光化の一番の問題点はレーザーとそのアセンブリの低コスト化であり、レーザーの高信頼化と量産によるコストダウンを目標に開発が進行中である。さらに、レーザーを複数の加入者で共有することや、オプトエレクトロニクスIC技術の導入により部品点数を減らすことも検討されている。近い将来これらが導入され、本格的なFTTH(Fiber To The Home)の時代が訪れることが確実視されるようになった。また、他の国々でも光化への努力は既に始まっている。

4 電話サービスから高度情報サービス・Eコマースへ

これまでに述べたような高性能なネットワークを通して、2000年から2010年にかけて通信サービス事業者からどのようなサービスが提供されるのかが最も重要でありこれについて考察する。その背景として、図7の最上段に示すように、幹線のネットワークはアナログから、アナログ・デジタル共存期を経て、将来はすべてデジタルシステムに置き換えられるであろう。まず、電話の信号がデジタル化され、インターネットは高速化され将来はマルチメディア用の超高速インターネットが導入されるであろう。ラジオやテレビの放送は、アナログ方式からデジタル方式へ切り換えられるであろう。

サービスについては、まず狭帯域アプリケーションとして、今日のラジオ放送、ファックス、インターネットが可能な限り充実されるだろう。筆者は、これを理想的な会話への限りなき接近という意味で“会話へのチャレンジ”と名付けている。中程度の帯域を用いるアプリケーションにおいては、遠隔地間会議、エンターテインメント、テレビ放送、テレビ会議、高速インターネット、ビデオ・オン・デマンド (Video on Demand) 等、個人ベースのビデオアプリケーションが提供されるであろう。これは臨場感への限りなき接近を試みるという意味で“バーチャルリアリティへのチャレンジ”と呼ぶことができるであろう。さらに広帯域性を利用したアプリケーションを考えると、その内容はITSからヒューマンインターフェイス、教育、健康・医療、科学、政治、社会、経済、Eコマース (Electric Commerce) まで人間活動のより多くの分野を含むことになるであろう。これは、人類の知性と倫理を伴った理想的な社会に限りなく接近する努力をするという意味で“知性と倫理へのチャレンジ”と名付けてもよいであろう。

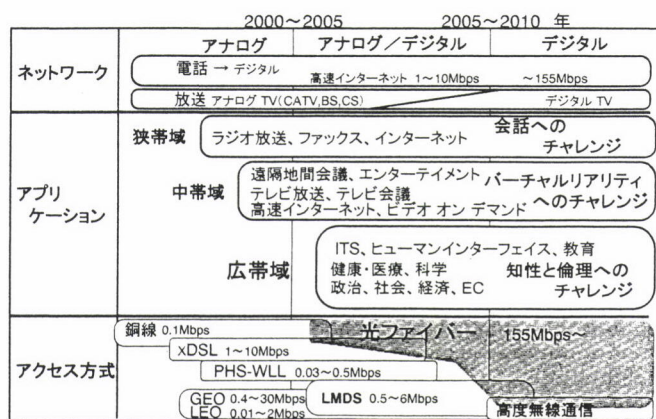


図7 アクセス方式将来展望

出典：中原他 住友電気(1999年春)

通信サービス事業者は、顧客へのアクセス設備を、急速に増大する顧客の要求に対応させていかなければならないであろう。その場合、長期で考えると光ファイバが顧客へのアクセス系の中心になっていくであろう。一方、無線通信等はこれを補完するために移動通信・放送等の独自の役割を果たしているであろう。

最近流行になりつつあるEコマースに代表される高度情報サービスが社会に定着していくには、IT分野のみならず、マネーフロー分野、製品フロー分野での技術革新が必要になると同時に、モラルハザード、デジタル情報格差、サイバー法の制定、税制の国際化、知的所有権の整備等、さまざまな社会的障害の克服が必要になる。

IT分野を含む必要な技術革新として、(1)IT分野では、伝送速度向上、信頼性改善、セキュリティの保証、光ファイバおよび無線通信技術、高性能コンピュータおよびデータベース技術、(2)マネーフロー分野では、電子決済、電子署名、相互接続性、暗号および認証技術、ICカードを含む電子銀行およびマネーシステム、(3)製品フロー分野では、製造、物流、貯蔵、輸送のデジタル化、ITS、ロボティクスおよび生産制御技術等があげられる。

また、克服すべき社会的障害に対しては、以下のような問題があり対応が求められる。

- (1)モラルハザード (Moral Hazard) の問題として、ウィルス、スパムメール、データ破壊等のサイバーテロ、アングラマネーを清浄化するマネーロンダリング、近年各国に通貨危機を引き起こした通貨交換におけるヘッジファンドのような振舞い、一瞬の内に巨額の富や損失を生じる株式交換におけるBubble.comのようなものがある。
- (2)デジタル情報格差 (Digital Divide) とは、IT教育・訓練を受けたものと受け取らないものの間の格差、ITを利用できる環境と利用できない環境にあるものの間の格差を意味する。デジタル情報格差により新しい極端な社会的強者と弱者が生まれる。これにより社会的不安が生じないような配慮が必要である。
- (3)既存の法律や商習慣がEコマースの進展の阻害要因になる場合が多い。特に、多くの国で慣行になっている自国民、自国企業の不利益を防止するための内外差別の法律が問題になる。既存の法律・ビジネスルールとの矛盾を乗り越えるサイバー法 (Cyber Law) の制定が求められる。
- (4)国によって異なる付加価値税や関税システム等の既存の税制 (Taxation) が国境を持たないEコマースの進展の阻害要因となる。関連する税制・関税システムの国際化が必須である。
- (5)ネットにより大量に配布可能なコンテンツの著作権や

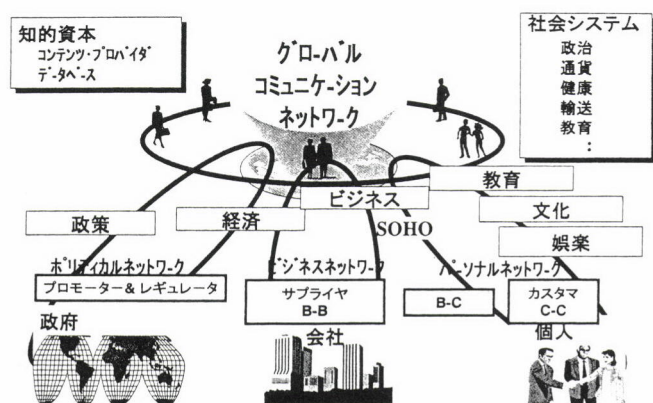


図8 グローバル化情報化社会におけるEコマースの将来
出典：中原他 住友電気(1999年春)

新しいビジネスモデル特許を扱う基準が整備されていない。ドメインにおける商標権を含めて、新しい知的所有権(Intelligent Property Right)の整備が必要である。

以上のような技術的・社会的困難を克服したとき、通信の概念は変わるであろう。人々はもはや距離を意識しなくなり、図8のようにグローバルネットワークは単なる通信のメディアとしての機能のみならず、多くのデータベース、仕事や生活に直結した重要なサービスを提供する機能を持つようになるだろう。もちろん、そのようなシステムを構築して維持するのに必要な技術、管理にかかる労力は膨大なものになるであろうが、政府、ビジネス、在宅勤務、エンターテインメント等さまざまな場面で高度情報サービスの提供によるメリットはさらに膨大なものになるだろう。

5 情報通信市場

自由主義市場経済の考え方からみて、情報通信市場は将来どうなるのであろうか。最も重要な点は、どのようなサービスをユーザーが要求するのか、そしてユーザーがネットワークへのアクセスに対して喜んでお金を払うのか、ということである。地方と都市部の人口密度と、要求される通信容量の関係をみると、銅ケーブル、無線、光ファイバおよび高性能光ファイバが利用される領域がわかってくる。これらの領域間の境界線は、コストと性能によって決定される。計画された時点で最もコストパフォーマンスのよい技術が選択されるであろう。かなり近い将来に、家庭での周波数帯域がもっと広くなり、10Mbps以上の通信速度に達するであろう。SOHO(Small Office and Home Office)用では要求される通信速度は155Mbpsにまで一段階高くなるであろうし、より高度な政府やビジネス用には通信速度はTbps級が要求されるであろう。

誰が購買力を持っているのかという問題は興味深い。十

億米ドルを単位として、現在の世界の地方と都市部のGDP(Gross Domestic Product: 国内総生産)を調べてみると、例えば、欧州では230百万人の都市部の人々が\$4,900BのGDPを産み出し、50百万人の地方の人々が\$620BのGDPを産み出している。世界全体で合計すると、地方のGDPは\$3,800Bである。通常GDPの1%が地方の通信インフラに使われているとすると、地方の購買力は\$38Bであり、これはおそらく主に無線通信に使われる。世界中の都市部のGDPは合計\$17,800Bであり、その3%が都市部の通信インフラに使われるとすると、\$534Bになる。この金額が光ファイバシステムに使われることになる。これは無線通信と比較すると10倍以上である。

以上は、現在の数字をもとにした一つの試算ではあるが、将来のIT革命の進行を考慮すると、情報通信市場の規模はこれよりも格段に大きくなることも予想される。

6 結言

将来、我々は少なくとも10Tbps級の通信速度のグローバルネットワークを利用できることになる。そこでは、世界中に光ファイバでアクセスするための多数の光ノードが存在しているであろう。2010年ごろには、155Mbpsの通信速度のFTTHアクセス方式が、ほとんどの職場や家庭で利用されているだろう。無線通信は移動体通信、放送サービス、地方でのグローバルネットワークへのアクセスには重要である。当面、銅ケーブルにより最低水準のインターネットアクセスが提供される。銅ケーブルの状況によっては、DSLのような技術で高度なサービスを提供し続けることは可能である。また、銅ケーブルには局から家庭に電力を供給できるというメリットもある。このような様々なハードウェアの競争にこだわるよりも、利用可能なものをシームレスに統合することがより重要であると思われる。

将来の世界の人口増加、地球規模の環境問題の深刻化、エネルギー・食糧問題、極端な都市化等、既に予見されるさまざまな地球の危機を解決し、人類が生き残っていくために情報技術は必須である。さらに、人類が知性と倫理に基づいて、精神的に豊かな生きがいを持って生きていくためには情報技術はさらに重要な意味を持つであろう。

参考文献

- 1) T. Nakahara: The Impact of Wireless Communication on the Cable Industries, Vision of Telecom Technologies, 1998 ICF Congress, Istanbul, (1998)
※ICF(International Cable-makers Federation)
- 2) 宮津純一郎: マルチメディア社会を拓くNTTビジョン, NTT光の国際シンポジウム, (1998)

(2000年8月25日受付)