



高速通信ネットワークが 生活を変える

1837年にサミュエル・F・B・モールズが電信機を、1876年にアレクサンダー・G・ベルが電話機を発明した。それから百余年を経た現在、光ファイバー網を利用した地球規模の高速通信ネットワークが構築され、通信の情報量や伝達速度が飛躍的に向上し、経済活動や社会生活の利便性が著しい進化を遂げた。このような高速通信ネットワークの快適さと信頼性を支えるために、多くの鉄鋼製品が使われている。

高速通信ネットワークを支える光ファイバー・ケーブル(右上)と代表的な光ファイバー母材製造法であるVAD法(気相軸付け法)工程(背景)

ブロードバンド時代とネットワークの進化

我が国における日常的な通信手段は、1980年代まで固定電話や手紙であったが、1990年代になると携帯電話やインターネットが利用されるようになった。また、1990年代の後半になると、「IT (Information Technology、情報通信技術)」という言葉に耳にする機会が多くなった。飛躍的に進歩したITは、新しい形態のコミュニケーションを出現させ、産業活動の効率化や利便性の向上のみならず、新しいビジネスモデル創出の鍵として注目されるようになった。

政府は、IT革命の推進を重要な戦略課題として明確に位置づけ、さまざまな活動を開始した。すなわち、「高度情報通信ネットワーク社会形成基本法」を制定(2001年1月6日施行)、「高度情報通信ネットワーク社会推進本部(IT戦略本部)」を設置し、

「e-Japan戦略」(同年1月22日)、「e-Japan重点計画」(同年3月29日)および「e-Japan2002プログラム」(同年6月26日)を策定した。

「e-Japan戦略」では、「5年以内に世界最先端のIT国家となることを目指す」と明示し、「e-Japan2002プログラム」では、以下の5つの具体的な施策を挙げている。

- ① 高速・超高速インターネットの普及の推進
- ② 教育の情報化・人材育成の強化
- ③ ネットワークコンテンツの充実
- ④ 電子政府・電子自治体の着実な推進
- ⑤ 国際的な取り組みの強化

このうち、最近急速に進んでいるのが高速通信ネットワークの普及である。とくにブロードバンド・アクセス・ネットワークは急速に整備が進み、大きな注目を集めている。

ブロードバンド(broadband)とは、「広帯域」という意味であり、周波数帯域が広く概ね500Kbps以上の通信を実現するものである。情報通信白書によると、「高速インターネットアクセス網」および「超高速インターネットアクセス網」をブロードバンド・アクセス・ネットワークと呼んでいる。これらのアクセス網を利用すると、音楽の受配信をスムーズに行うことができる。さらに通信速度が6Mbpsを超えるとテレビ、映画などの動画映像も対応可能となる。

現在実用化されているブロードバンド・アクセス・ネットワークには、DSL(Digital Subscriber Line、デジタル加入者線)、ケーブルインターネット、光ファイバー・ネットワークなどの種類がある。2001年は「ブロードバンド元年」と呼ばれ、ADSL*やケーブルインターネットが急速に普及し、常時接続サービスの低廉化が進んだ。

各種のブロードバンド・アクセス・ネットワークの中で最も有望視されているのが光ファイバー・ネットワークであり、「2005年の全国整備」に向け、政府は整備支援を進めている。1999年度末における光ファイバー・ネットワークの整備率は、全国平均で約36%であるが、都市部と地方において格差が存在する。全国的な普及には、まだ時間がかかりそうである。

1985年に登場した 光ファイバー・ネットワーク

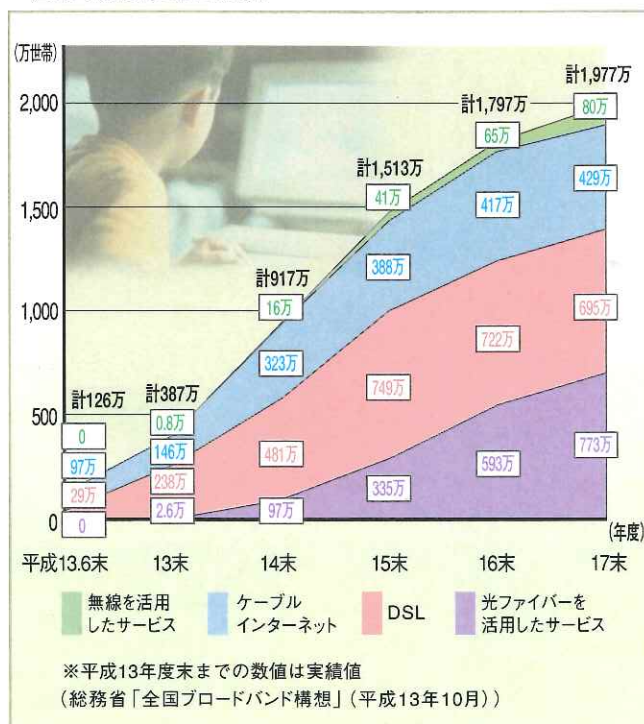
光ファイバーを用いたデジタル通信は、半導体レーザー素子に入力する電気信号をON/OFFすることによって出力レーザーを点滅させ、この点滅信号を光ファイバーを介して送り、フォトダイオードを受光素子に用いてレーザー信号を電気信号に再変換する原理を利用している。

■主なブロードバンド・アクセス・ネットワークの特徴

(2002年度情報通信白書「主な高速・超高速インターネットアクセス網」より)

分類	特徴
固定系	ケーブルインターネット 一般に低廉な料金で高速サービスを提供しているが、地域ごとの事業者によってサービス内容に相違がある。
	DSL 従来の電話回線(金属導線)に専用のモデムを設置し、大容量の通信を行う。光化された回線網では利用できないほか、加入者収容局からの伝送距離が長い場合には利用が不可能、又は、十分な通信速度の確保が困難な場合もある。
	FWA 加入者宅側にアンテナを設置し、電波を利用して大容量の通信を行う。回線整備が容易であるが、建物等による遮蔽を避ける必要がある。大都市部を中心としてサービスを提供している。
	FTTH 光ファイバー・ケーブルを直接契約者建物内に引き込み接続する。平成13年度よりサービス提供が本格化し、現在のところ、大都市部を中心としてサービスを提供している。
移動系	IMT-2000 第3世代移動通信システムとも呼ばれ、我が国では平成13年10月より本格サービスが開始されている。DS-CDMAでは伝送速度を384Kbps(回線交換時は64Kbps)まで高速化しているが、将来的には2Mbpsまで拡張可能な規格となっている。
	第4世代移動通信システム IMT-2000の次の世代の移動通信システム。現在、国際的にシステム概念・骨格の検討を行っている。2010年頃に、100Mbps程度の伝送速度実現を目指す。

■高速・超高速インターネットの普及予測(実加入世帯数ベース) (2002年度情報通信白書より)



■回線容量と利用可能なコンテンツ(例) (2001年度情報通信白書より)



*ADSL

Asymmetric Digital Subscriber Lineの略称で、「非対称デジタル加入者線」を意味する。既存の金属導線の電話回線を使用し、音声帯域外の周波数帯域でデータ通信を行うことにより通信速度を高速化する技術である。下り(局から加入者へ)の通信速度が速く、上り(加入者から局へ)は遅いため「非対称」と呼ばれる。

代表的な光ファイバーは、石英などの透明な誘電体の繊維であり、その直径は、人間の毛髪と同程度の $125\mu\text{m}$ である。光ファイバーの中心部(core)と外周部(clad)では光の屈折率が異なり、中心部で大きく外周部で小さくなっている。これは、外周部の内表面壁を全反射しながら伝播するレーザー光の位相をファイバー出口部において揃えるためである。また、光ファイバーは、従来型の金属導線に比較して、細く軽量であり、電磁誘導や雷などの影響を受けず、利用可能な周波数帯域が広い情報伝達量が多く、伝送行路における光エネルギーの減衰が極めて小さい(伝送損失*が小さい)などの特徴を有している。

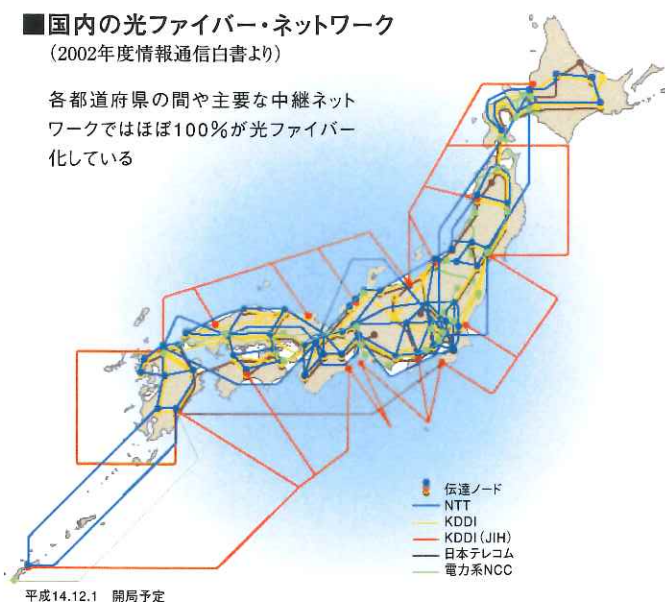
通信用光ファイバーに関する研究は、1960年代の後半から始まった。1970年には、米国のコニング社が当時としては伝送損失の小さな低損失光ファイバー(20dB/km)の製造に成功している。また同年、実用的な半導体レーザー素子が発明されていることから、1970年は「光ファイバー通信元年」と呼ばれる。

我が国における光ファイバー・ネットワークの登場は、実は最近のことではない。電電公社(現在の日本電信電話(株))は、1965年に光通信技術の研究開発を開始し、1981年における初の商用化を経て、1985年に北海道から沖縄を網羅する基幹系光通信ネットワークを完成させた。1990年代に入るとネットワークを流れる情報量が急激に増加したが、これに対応するために伝送容量が 10Gbps の光通信ネットワークを1996年に新たに構築した。さらに1999年には、 100Gbps の伝送容量のJIH (Japan Information Highway) の運用を開始している。

■国内の光ファイバー・ネットワーク

(2002年度情報通信白書より)

各都道府県の間や主要な中継ネットワークではほぼ100%が光ファイバー化している



*光ファイバーの損失

光ファイバーの出力エネルギー E_o に対する入力エネルギー E_i の比 r をdB(デシベル)単位で表し、光ファイバーの長さ $L[\text{km}]$ で割ったもの。

比 r は、次式より求められる: $r = 10 \log_{10}(E_i/E_o)[\text{dB}]$ 。

現在、光ファイバーは、通信用ネットワークばかりでなく、電力系統の監視・制御、鉄道や道路交通の管理・制御、企業内データ伝送、都市型CATVなどの基幹系にも利用されている。

光ファイバー・ケーブルの張力を支える鋼線

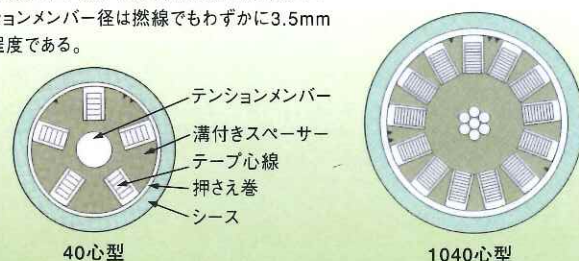
国内の基幹系光通信ネットワークは、地下に埋設した光ファイバー・ケーブル網によって構成されている。光通信ネットワークに使用される光ファイバー・ケーブルの最も一般的な構造は、テープスロット構造である。これは、複数の光ファイバー心線を一括接続可能なテープ状に配列し、螺旋状の溝(slot)付きスペーサーに収納したものである。一本のケーブル内に収納できる光ファイバー心線の総数は、最大で1,000心程度である。このような構造は、ケーブルの高密度化や細径化が可能であり、敷設工事費の低減が容易である。

光ファイバー・ケーブルの張力を支えているのは、ケーブルの中央部に埋込まれたテンションメンバーと呼ばれる線材である。テンションメンバーは、機械強度特性に優れた高炭素鋼線や鋼燃線などが使用されており、ケーブルに作用する引張張力を負担し、光ファイバーの損傷を防いでいる。光ファイバー・ケーブルの許容張力は、通常 $1,000\text{N}$ 以上に設定されている。このように大きな張力が作用しても切断しないのは、テンションメンバーのおかげである。また、テンションメンバーはケーブルの細径化や軽量化に貢献している。

光ファイバー・ケーブルには、使用場所に応じてさまざまなシース(sheath、外被構造)が用いられている。このようなシースには波付加工の鋼テープやステンレステープをポリエチレン被覆材と組み合わせて用いることもあり、鳥害の防止や防鼠などに有効である。

■テープスロット型の光ファイバー・ケーブルの断面構造例

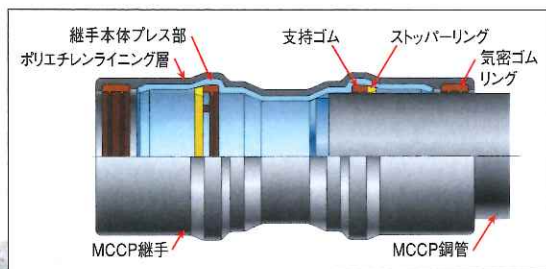
心数が多いものでも外径は 30mm 程度、テンションメンバー径は燃線でもわずかに 3.5mm 程度である。



テープスロット型光ファイバー・ケーブル(支持線一体型)

■波付鋼テープを施したシースを使用した光ファイバー・ケーブル





情報BOXで使われる保護管(MCCP鋼管)の構造(上)と敷設。MCCP鋼管は、Metal C.C.Box Pipe type 鋼管の略称である



光海底ケーブルの敷設工事(上)と継手部分(下)

情報BOXをつなぐ鋼管の道

国土交通省が進める国内基幹ネットワークを形成する設備が、情報BOXである。これは、道路に沿って地下などに設置する情報通信専用光ファイバー・ケーブルの専用溝を指している。

国土交通省では、安全で円滑な道路交通の確保、良好な景観の形成や維持、道路の掘り返しの防止、電線類の保守点検の利便性向上などを図る観点から、道路地下の空間を活用して電線類を収容するための廉価で収容性の高い施設として、電線共同溝(compact cable box、C.C.BOX)の整備を進めてきた。また最近では、監視カメラを用いて道路状況を把握したり災害時における情報通信ネットワークを確保するために、道路管理用光ファイバー網の整備を進めている。この光ファイバー・ケーブルを収容するための施設が、情報BOXである。

情報BOXは、深さ及び幅が20~30cmの断面形状を持つ管路で、道路管理用光ファイバー・ケーブルのほかに、通信用光ファイバー・ケーブルなど複数のケーブルを収容できるようになっている。また、地上の道路からの荷重に対し十分な強度や耐久性を持ち、浅層埋設が可能であり、現場における曲げ加工が容易で施工性に優れ、電磁遮蔽効果が大きく電磁波によるノイズ発生の少ないポリエチレン被覆鋼管が管路用材料として使用されている。このような管路用材料には、樹脂管も利用されるが、軟弱地盤地域、地震による液状化の恐れがある地域、高い信頼性の求められる地域、管路がむき出しになるトンネル内や橋桁下部などにおいては、主に上記の鋼管が使用されている。1999年現在における情報BOXの総延長距離は、12,600kmである。

800気圧に耐える鉄3分割パイプ

国内基幹ネットワークばかりでなく、国外とを結ぶ海底ケーブル・ネットワークにおいても、鉄鋼材料が重要な役割を果たしている。

鉄3分割パイプの構造

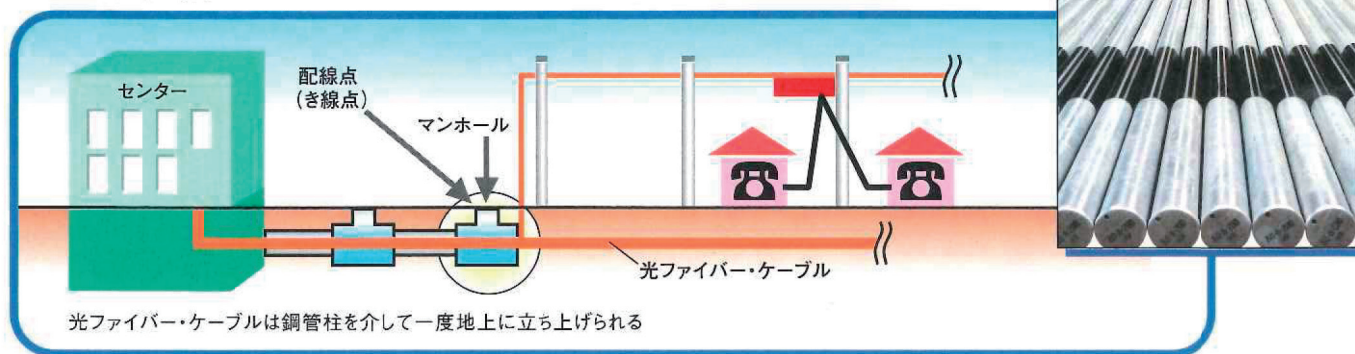


ネットワーク需要の急激な増加に対応するために、日本と北アメリカ、ハワイ、アジアなどを結ぶ海底ケーブルの埋設工事が現在複数進行中である。最近ではアジア地域で、2001年12月にAPCN2(Asia Pacific Cable Network 2)や、2002年3月にC2Cケーブルネットワークが開通している。

海底ケーブルの光ファイバー化には、海底伝送路のデジタル化、大容量化、低価格化などの利点がある。最近では、高密度波長多重伝送方式(Dense Wavelength Division Multiplexing、DWDM)の海底光ファイバー・ケーブル・システムの建設が計画されている。

海底ケーブル用の光ファイバー・ケーブルは、基本的には地上用と変わらない。しかし、ケーブルには、きわめて高い信頼性が要求され、数Tbps級の伝送容量を持つ高品質の光ファイバーが使用されている。また、敷設場所は水深8,000m前後の深海底の場合もある。その際には、ケーブルに800気圧の水圧が作用することになる。このような苛酷な水圧環境に耐えるために、KDDI海底ケーブルシステム(株)は「鉄3分割パイプ」方式のケーブルを使用している。この方式のケーブルは、断面形状が扇形の3本の鉄線(硬鋼線材)が中央部の光ファイバーを取囲む構造となっている。3本の鉄線によって構成される鉄パイプは、外径が6mm程度、内径が3mm程度である。このような鉄パイプを隙間なく形成するためには、寸法誤差が+0.05mm以下の精度

■FTTHの構成例



の高い線材加工技術が必要である。同鉄パイプの周囲に補強用鋼線を配置し、銅パイプに埋込み、ポリエチレンで被覆すると、ケーブルが完成する。完成したケーブルの直径は、20mm程度である。鉄3分割パイプ方式を用いると、数千kmにも及ぶ海底ケーブルを容易に製造することができる。

ネットワークの「最後の1マイル」—FTTH

光ファイバー網は、通信ネットワークの大動脈として整備が進められてきた。しかし、私たちの職場や家庭に繋がる「最後の1マイル」には、従来型の金属導線を使用する場合がほとんどである。この「最後の1マイル」を光ファイバー化するFTTH (Fiber To The Home) が実現できれば、真の高速通信ネットワークが完成する。

現在、通信業者を含む数社がFTTHサービスを開始している。そのなかで、東日本電信電話(株) (NTT東日本) のBフレッツでは、最大通信速度が100Mbpsのサービスを行っており、都市部を中心にサービス提供領域を徐々に拡大している。

このサービスを受けるためには、既設の光ファイバー・ケーブルを職場や家庭内まで延長することが必要となる。現在では、ネットワーク・ケーブルの地中化が進んでいるため、実際には地中から通信用電柱を介して光ファイバー・ケーブルを地上に伸ばし、そこから室内まで引き込むことになる。この通信用電柱として期待されているのが、鋼管柱である。中空で軽量の鋼管柱は、従来型のコンクリート柱より施工性に優れ、細い路地などにも設置しやすいという特徴がある。

FTTHサービスは、まだ普及の端緒についたばかりであるが、大きなビジネスチャンスと認めた電力会社などが参入し始めている。潜在的な需要に応えるサービスの開始やそれを支える社会基盤の整備により、今後一気に普及する可能性がある。

時空を超える自由なネットワーク環境へ

高速通信ネットワークの整備が進むと、私たちの生活はどのように変わるのだろうか。

「ユビキタス(ubiquitous)」という言葉が最近よく耳にするようになった。ユビキタスは、ラテン語で「(神は) 同時に至る所に存在する」という意味である。ユビキタス・コンピューティングとは、1980年代の我が国においてTRON (The Real-time Operating system Nucleus) プロジェクトによって提唱された「どこでもコンピュータ」と同意語である。身の回りに存在するパソコン、テレビ、ビデオ、エアコン、自動給湯器、携帯電話等に組み込まれたMPU (Micro Processor Unit、演算処理装置) が互いに協調的に通信することによって快適な生活空間を実現する手法である。

将来、このようなネットワーク環境を実現するためには、ブロードバンド、モバイル、常時接続、バリエーションインターフェイス、IPv6 (Internet Protocol Version 6) など、さらなる情報通信技術の進歩が必須である。なかでも、ブロードバンドによる通信速度の向上は、重要な役割を占めている。

ネットワークの通信速度が速くなることにより、高精細画像や動画をリアルタイムで鑑賞したり、まるで同じ場所にいるような感覚で遠隔地とコミュニケーションできるようになる。

「eビジネス」の言葉が使われ始め株式のオンライントレードが普及したのは、今からわずか2年前である。通信速度は、当時のISDN (Integrated Services Digital Network) 回線による64Kbpsから、ブロードバンド時代の10Mbps、FTTHサービスの100Mbpsへと高速化しつつあり、2005年には1Gbpsに達すると予想されている。

さらなる高速化に向かって進化をつづける高速通信ネットワークは、私たちの想像をはるかに超える未来世界の社会基盤である。

●取材協力: 住友電気工業(株)、日本鋼管(株)、KDDI海底ケーブルシステム(株)