

大容量データを高速に長距離伝送する

ファイバによる光通信の基礎とスペクトル測定

小島 学
Manabu Kojima

近年、ADSLやCATV、FTTHなど、いわゆるブロードバンド・ネットワークによるインターネット接続が急激に増大しています。そのなかでも特に、FTTH (Fiber To The Home)は、高速で大容量の通信手段として期待され、加入者数を増やしています。

ここでは、FTTHなどに代表される光データ通信の基礎について解説します。また、高速データ通信を実現するために光に求められている重要な性質である「光スペクトル」の基礎知識と、評価事例を紹介します。

光ファイバを使った通信システムの誕生

● 光通信のはじまり

▶ ベルによる自然光を使った光通信の実験

電話の発明(1876年)で有名なアレキサンダ・グラハム・ベルが、1880年に声を光に変えて213 m先まで伝送、再び音声に戻すという実験に成功しました。この実験は、図1に示すような装置で行われました。

しかし、この方式は途中の伝送路が空間であるため、光が広がったり拡散してしまうことから長距離の伝送は困難でした。しかも、雨や霧または障害物などの妨害をさけることができないので、当時実用化されることはありませんでした。

▶ 光通信を実用化させた光ファイバとレーザーの登場

光通信を行ううえで、もっとも重要な要素として、光の減衰が極度に少ない伝送媒体と小電流で動作する

安定かつ長寿命の光源が必要になります。

1960年代にレーザーが発明され、1970年代に光ファイバ・ケーブル(以降、光ファイバ)が実用化されてから、光通信は長足の進歩を遂げました。半導体レーザーは、数十万分の1平方ミリ・メートルという微小な半導体の窓から放射される安定、かつ指向性の優れた光線で、膨大な量の情報を伝送できます。

光ファイバは、人間の髪の毛ほどの細いガラスでできており、その中に光信号を閉じ込め、この光信号をほとんど減衰させずに遠方まで伝播させることができる高性能な伝送媒体です。

● 通信システムの基本構成

図2に示す光ファイバ通信システムは、基本的には従来のメタリック・ケーブルを、そのまま光ファイバに置き換えたものです。まず、電話、パソコンなどの

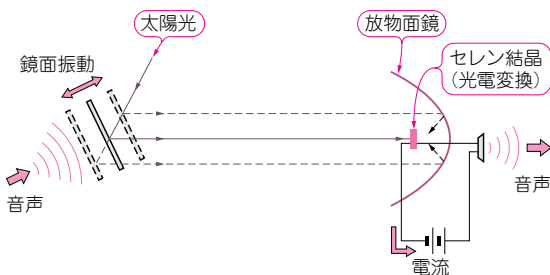


図1⁽¹⁾ ベルの光電話の原理

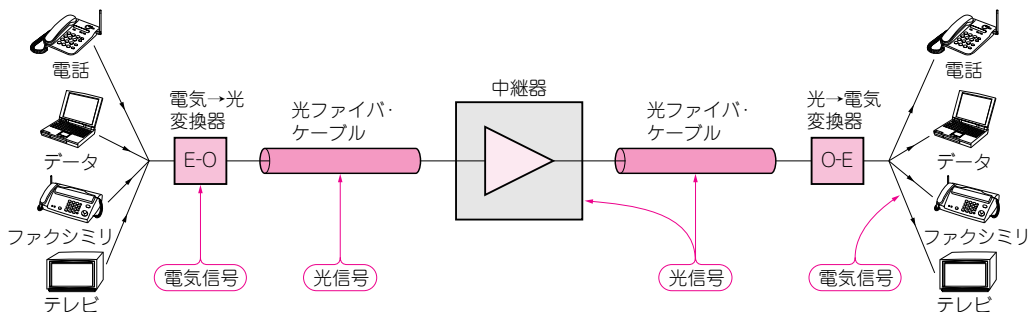


図2⁽¹⁾ 光ファイバ通信システムの基本構成

端末から送られる電気信号は、E-O変換器によって光信号に変換され、光ファイバに送り込まれます。E-O変換器では、デジタル信号の‘0’、‘1’は、光の点滅に変換されます。

光ファイバの中を伝播した信号は、通信相手のO/E変換器へ届くと、その光信号が電気信号に変換され、各端末に送られます。E-O変換器には半導体レーザーなどの発光素子、O-E変換器にはフォト・ダイオードなどの受光素子が使われます。また、光ファイバの入出力部には、レンズなどの光学素子が使われます。

半導体レーザーの発光部の大きさは数 μm 、フォト・ダイオードの受光部は数百 μm 、光ファイバのコア径はおよそ10 μm と小さいため、これらを正確に位置合わせするには高い技術が必要とされています。

● 光ファイバを使うことの利点

光ファイバを使った通信システムは、光ファイバの特徴である低損失、広帯域という利点を生かし、従来のメタリック・ケーブルを使った通信システムに比べ長距離、大容量通信を可能にします。利点をまとめると次のようになります。

- ① 低損失（～0.2 dB/km）
- ② 広帯域（数百 MHz～数 THz）
- ③ 軽量
- ④ 電磁誘導性がない、雑音が入りにくい
- ⑤ 省資源

光通信に必要な部品

■ 光ファイバ

● 構造

光ファイバの構造を図3に示します。光ファイバは、

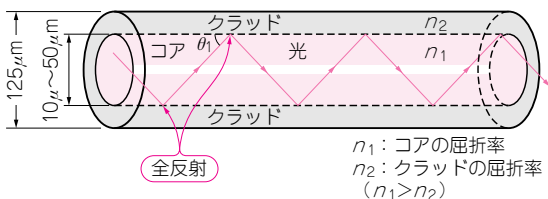


図3 (a) 光ファイバの構造

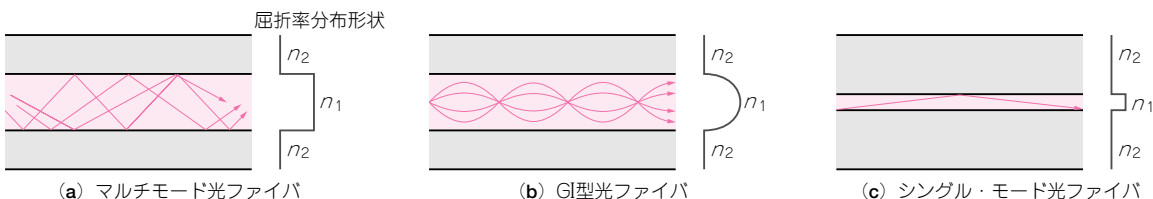


図4 光ファイバ中の光の伝わりかた

光を伝播する円筒形のコアと呼ばれる部分と、その周りを覆う同心円状のクラッドと呼ばれる部分で構成されています。クラッドの屈折率をコアの屈折率より少し小さくすることで、光をコアの中に閉じ込め、クラッドとの境界面で全反射を繰り返すことで光を伝播させています。

光ファイバは髪の毛のように細く、直径125 μm 、コアの直径は10 μm ～50 μm で、通信に使われている光ファイバの多くは石英ガラスで作られています。

● 光ファイバのいろいろ

▶ マルチモードとシングルモード

光ファイバ中の光は、光ファイバのコアとクラッドの屈折率の差、コアの太さなどの関係によって、ある特定の角度の反射だけが、反射を繰り返しながら伝わっていきます。この特別な角度を光ファイバの伝播モードといいます。この角度が多数ある場合を**マルチモード光ファイバ**、ただ一つだけが許される場合を**シングルモード光ファイバ** (SM型光ファイバ) といいます。

マルチモード光ファイバのなかでも、コアの屈折分布をゆるやかに変化させたグレーデッド・インデックス光ファイバ（通常GI型光ファイバと呼ばれる）があります。図4にそれぞれの光の伝わりかたを示します。光通信で一般的に使われるファイバは、シングルモード光ファイバとGI型光ファイバです。表1に、それぞれのファイバの特徴をまとめます。

▶ SM型光ファイバは損失の少ない1310 nmと1550 nmを使う

石英ファイバの中を通る光信号は、光の波長によって減衰する割合が異なります。図5に波長による光ファイバの損失を示します。第2の帯域、第3の帯域と呼ばれる波長帯域1.3 μm と1.55 μm では損失が小さ

表1 光ファイバの特徴

項目 \ 種類	GI型光ファイバ	SM型光ファイバ
コア径	50 μm , 62.5 μm	9 μm ～10 μm
クラッド径	125 μm	125 μm
主に使用される波長	850 nm	1310 nm, 1550 nm
伝送容量	中	大
伝送距離	短距離	長距離