

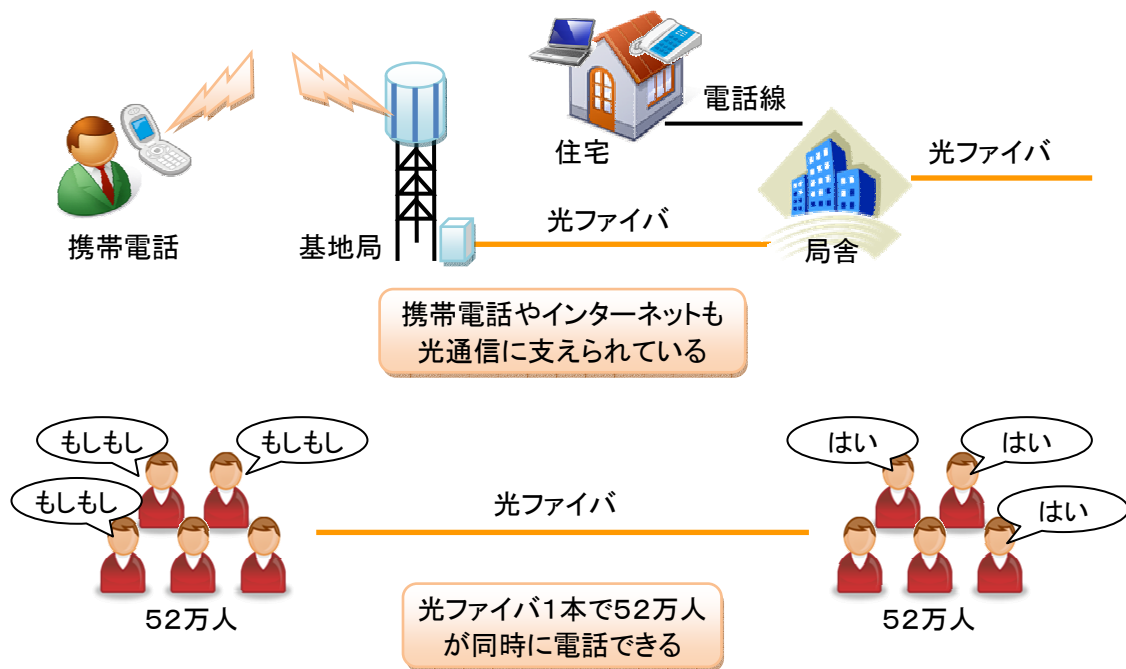
# 受験生のために

## 光を使って情報を伝える

～フォトニックネットワークの実現に向けて～  
(通信工学科 光通信研究室)

### 1. はじめに

光ファイバ通信は、1980年頃から本格的な研究が始まった比較的新しい通信技術で、NTTを中心として日本の大学、企業が世界をリードしてきた研究分野です。通信用の光ファイバは髪の毛とほぼ同じ太さのガラスの細い繊維ですが、現在では一本の光ファイバと一個の半導体レーザーを使って、52万人が同時に電話をかけられるほど技術が進展しています。近年の携帯電話やインターネットの急速な普及も、この光通信技術によって支えられてきました。この防大タイムズをインターネットで見ている皆さんも、光ファイバの中を伝わってきた情報を見ているのですよ。

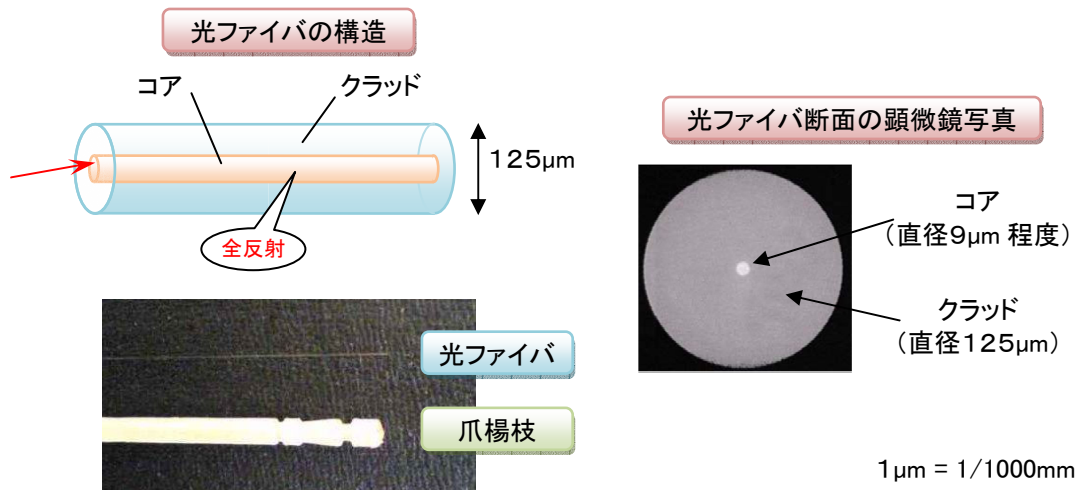


### 2. なぜ光で情報を伝えるのか？

現在の情報化社会は光通信なくしては成り立たなくなっていますが、では、どうして通信手段として光を使うのでしょうか？

第1の理由は光ファイバの低損失性にあります。低損失とは非常に透明であるということです。通信用光ファイバは石英(SiO<sub>2</sub>)を材料にしたガラス繊維で、下図のように、光が伝搬する“コア”と呼ばれる中心部分と、光をコア内に閉じこめるための“クラッド”と呼ばれる外側の部分との2重構造になっています。コアの屈折率<sup>\*1</sup>はクラッドよりも高くなっており、屈折率の異なる境界面で生じる「全反射」と呼ばれる光の性質により、光は外に漏れることなくコア内を伝搬しま

す。この石英ガラスは澄んだ空気と同じくらい透明で、20km 先でも光の強さは半分にしかならず、100km 程度なら問題なく見通せます。それに対し、皆さんの家に引かれている電話線はたった 1km で電圧が 100 分の1になってしまいます。つまり、光ファイバを使うと遠くまで簡単に情報が送れるのです。

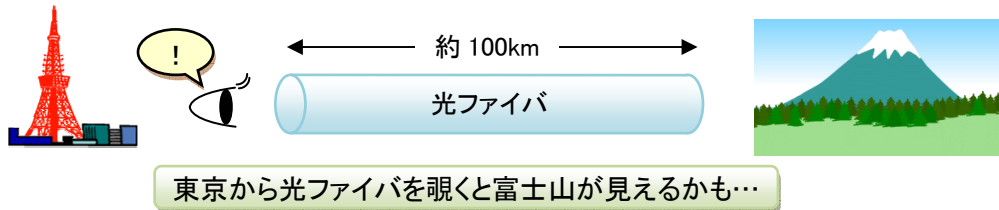


第2の理由は光ファイバの広帯域性です。帯域(たいいき)とは、どのくらいの速さの信号まで送れるか？ということを表した言葉です。信号の速度とは、電気信号の場合、送信側でスイッチを切り替える速度と考えると分かりやすいでしょう<sup>※2</sup>。実は電線が長い場合、スイッチの切り替え速度をすごく速くすると、受信側ではスイッチのONとOFFが分からなくなってきます。ちょっと不思議に思うかもしれませんが、電線には、遅い信号は届くけれども速い信号は届かないという性質があるのです。電話線の場合、切り替え速度を1秒間に 100 万回程度まで、テレビのアンテナ線などに使われている同軸(どうじく)という電線でも、1秒間に1億回程度まで速くすると信号が届かなくなってしまいます。一方、光通信の場合、信号の速度とは光の点滅の速度と考えることができますが、光ファイバを使うと、1秒間に1兆回以上の光の点滅でも遠くまで送り届けることができるのです。これを、光ファイバは電線に比べて帯域が広い、広帯域であるといいます。

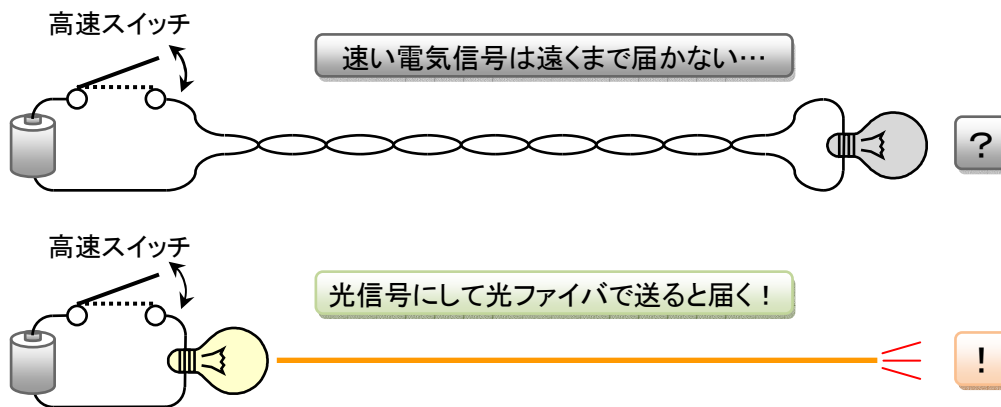
※1 光が異なる媒質(空気や水、ガラスなど)の境界面で進行方向変える割合を表したもので、媒質中での光の速度と真空中での光の速度の比の逆数に一致します。媒質の境界面を出射する光の角度が90°以上になると、光のエネルギーはすべて反射され、光は境界面を透過することができなくなります。これを全反射といいます。

※2 通信の分野では、1秒間に1回スイッチを入れる信号の速さを1ビット毎秒(1bps)と呼んでいます。毎秒100万回は1Mbps、毎秒10億回は1Gbps、毎秒1兆回は1Tbpsと表します。M、G、Tという記号はそれぞれ10<sup>6</sup>、10<sup>9</sup>、10<sup>12</sup>倍という意味です。

### 光ファイバの特徴1: 低損失

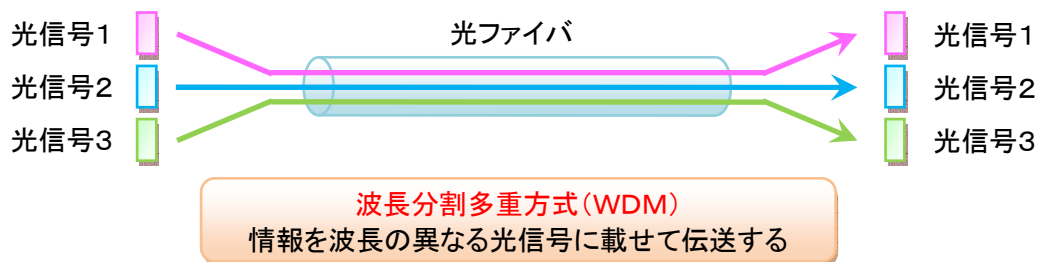
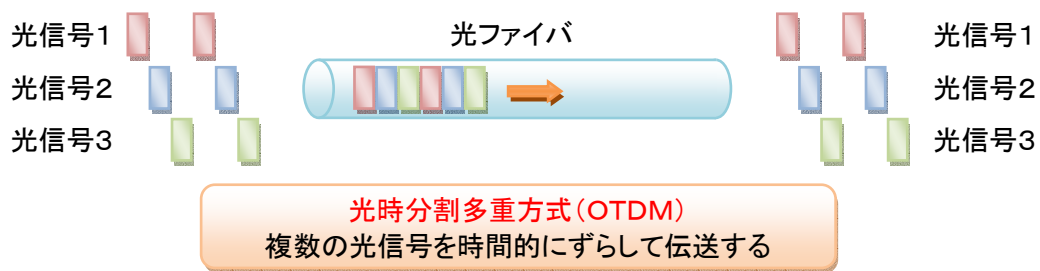


### 光ファイバの特徴2: 広帯域



### 3. 光信号を多重化して伝送する

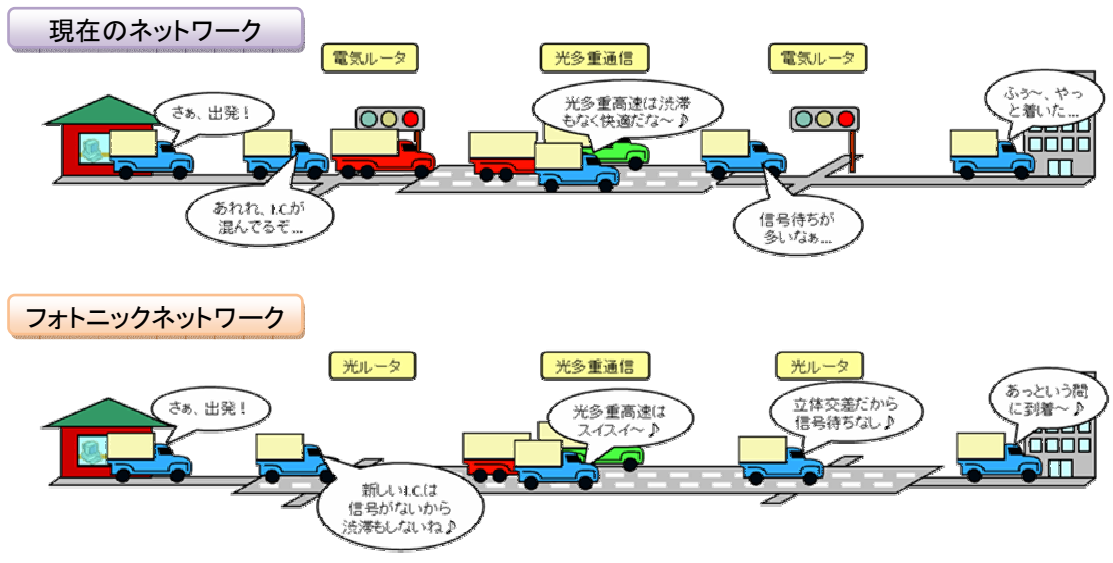
光ファイバは広帯域で優れた信号伝送路なのですが、光ファイバを使う上でひとつ困った問題があります。それは、光ファイバの能力に見合うだけの光源や受信装置がないということです。1秒間に1兆回も点滅できる光源を作るのは簡単ではないのです。そこで考えられたのが、点滅速度の遅い光源をたくさん用意して、それらの光を一緒に合わせて一本の光ファイバで送るという方式です。これを光多重といいます。光多重には複数の光源からの点滅光を時間的に少しずつずらして重ね合わせる方式と、光の波長(色)の違う光源を使って重ね合わせる方式があります。前者は光時分割多重方式、後者は波長分割多重方式と呼ばれています。これらの光多重技術の発明によって、近年の光ファイバの伝送能力は大きく向上しました。現在では、両者の技術を併用して1秒間にDVDの700枚分(25Tbit/s)に相当する情報が送れるくらいに技術が進歩しています。



#### 4. 光で光を制御する

近年の高度情報化社会では、インターネットをはじめ、携帯電話や各種のオンラインシステムなど、多種多様のサービスを統合した通信ネットワークが必要とされます。このような通信ネットワークでは、2点間の通信技術に加えて、ネットワーク特有の信号処理装置が必要となってきます。例えば、信号の送り先を宛先に従って切り替えるスイッチや、混雑時に一時的に情報信号を保持して待機させておく記憶装置などがあります。現在のネットワークでは、これらの信号処理機能は電子回路によって実現されていますが、その動作速度は毎秒 100 億回程度が実用上の限界といわれています。毎秒 100 億回というとても高性能な回路のように思いますが、光ファイバは毎秒 20 兆回以上の信号の伝送能力がありますから、100 億回では全く役不足なのです。そのため、光多重技術を開発して伝送能力は大きく改善されたのに、ネットワーク上の分岐点などで情報信号の渋滞が起り、ネットワーク全体の伝送能力はあまり改善されない、ということが問題になってきます。

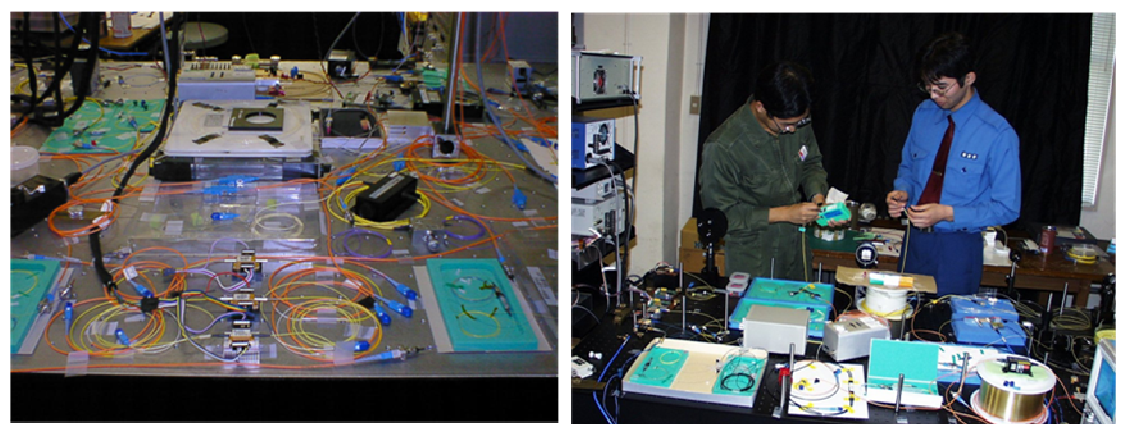
そこで、電子回路に頼らずにネットワークを流れる光信号をすべて光のまま処理し、このボトルネックを解消することが考えられています。これは、通信ネットワークを道路ネットワークに例えると、信号機のある交差点をすべて立体交差のインターチェンジに変えてしまおうという構想です。このようなネットワークはフォトニックネットワークと呼ばれています。フォトニックとは「光の」という意味です。フォトニックネットワークでは、電子回路の代りとなる光で光を制御する装置が必要です。このような装置を「全光回路」と呼んでいます。光で光を制御するって、ちょっと不思議な感じがしますよね。でも、光や光学素子にはいろいろ不思議な物理的性質があって、これらをうまく利用することで、実際に光信号で別の光信号の進路を変えたり、色を変えたりすることが可能であり、光通信研究室で取り組んでいる主要な研究テーマの一つになっています。



5. おわりに

以上のように、全光回路の開発は光通信分野の大きな研究テーマの一つであり、光通信研究室はもちろんのこと、多くの大学や企業で盛んに研究されています。皆さんも、フォトニックネットワークの実現を目指して将来の光制御技術を研究してみませんか？

(文責:講師 辻健一郎)



研究室にある光通信の実験装置(左)と実験中の学生(右)