

コア直視法による光ファイバ融着接続技術

研究者	河田 修 氏	日本電信電話株式会社 NTT茨城電気通信研究所 主任研究員
開発企業代表者	加賀谷 誠 一 氏	藤倉電線株式会社 代表取締役社長
(推薦者)	真 藤 恒 氏	日本電信電話株式会社 代表取締役社長)



河 田 修 氏



加賀谷 誠 一 氏

1. 技術の背景

光ファイバを用いた光通信は、高帯域かつ低損失、無誘導という優れた特性を有しており、大容量・長距離通信が比較的簡単なシステムで実現できることから、将来の高度情報化社会の担い手として期待され、現在、日本縦貫伝送路（旭川－鹿児島間）への導入がなされている。このような都市と都市を結ぶ大容量・長距離光通信システムには、長距離間を伝送しても光信号が歪まない単一モード光ファイバの活用が適当である。しかし、単一モード光ファイバにおいて、光が伝送されるコアの直径は約 $10\ \mu m$ と非常に細いため、その接続が難しく、光ファイバ通信網の建設における大きな課題であった。

従来、光ファイバの接続には、一方の光ファイバの端面から光を入射させ、接続する他方の光ファイバから出てくる光量をモニタしながら、ロスของ最少ない位置を決めて融着接続するパワーモニタ法が採用されていた。しかし、この方法では、図1(b)に示すように、例えば光を入射させる中継所、モニタするマンホール、接続現場と3カ所での作業が必要であり、各所の距離も数キロと離れているため、多大の労力を必要としていた。また、偏心（コア軸とファイバ軸とのズレ）の大きな光ファイバを融着接続すると、コア軸接続部にズレが生じ、所定の接続特性が得られないなどの問題があった。

2. 技術の概要

本技術は、接続するために対向させた2本の光ファイバの接続個所に、側面から平行光線を照射して得た像を、画像処理することにより各々のコア軸を検出し、

自動的に光ファイバの軸合わせを行って、接続現場 1 カ所だけの作業で、単一モード光ファイバの接続を可能にしたものである（図 1 (a)）。以下にその概要を示す。

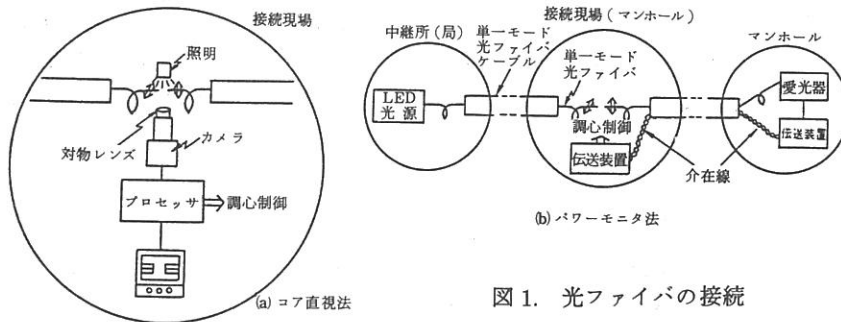


図 1. 光ファイバの接続

(1) コア軸位置の検出方法（コア直視法）

光ファイバに側面方向から平行光線を照射すると、光は図 2 に示すように中心方向に集光される。この時、コアの屈折率がクラッドより大きいため、コアを透過した光線はクラッドを透過したものよりさらに中心方向へ屈折する。その結果、図 3 に示すようにコアとクラッドの境界に暗線が現れる。コア軸が光ファイバの中心にある場合は、暗線の中心がコア軸と一致するが、コア軸に偏心がある場合、コアを通る光がファイバ軸に対して非対称に屈折し、暗線は実際のコア位置よりも外周より観測される。そこで、この暗線の観測位置とファイバの軸との位置関係を光学的に解析し、補正を加えることにより、実際のコア軸の位置を高精度（ $0.4 \mu m$ ）に検出することができる。

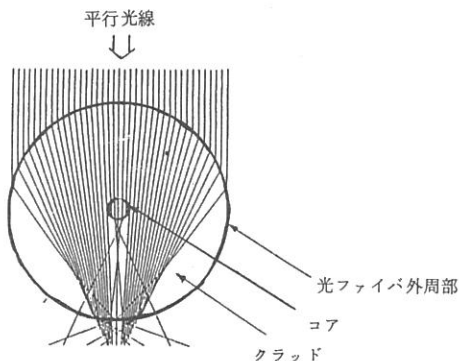


図 2. コア直視法原理図

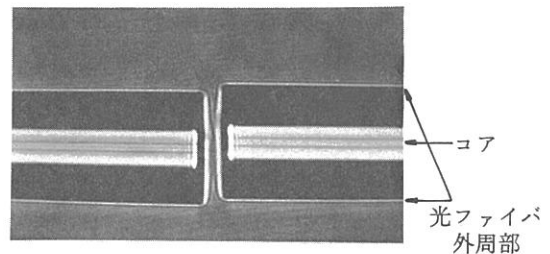


図 3. 観察された光ファイバ像中のコア

(2) 融着接続方法

従来のパワーモニタ法では、図 4 に示すようにコア軸を合わせて融着していたため、コア軸に偏心があると、溶けた光ファイバの表面張力により光ファイバが相互に移動し、コア軸がズレを起こして、接続損失を大きくする。

本技術では、この表面張力の影響を受けないようにするため、融着の際に生じる軸の移動（光ファイバ相互の外周のズレに比例する）を予測し、予めズレを与えた位置にコア軸を調整して、融着後にコア軸が一致するようにした。この結果、大きなコア偏心（約 $2 \mu m$ ）を持つ光ファイバでも接続損失を平均

0.1 dB以下にできた（従来のパワーモニタ法では0.15 dB）。

(3) 損失評価法

コア直視法による接続では、従来のパワーモニタ法のように、実際に光を伝搬させて接続損失を測定することはできない。そこで、上記(1)の方法により接続後のコアの軸ずれを検出する。次に、その軸ズレから損失を推定し、推定損失の大きい場合には接続し直すことにより、平均接続損失を0.07 dB以下におさえることができた。

(4) 装置の構成

接続装置は、接続機本体と制御装置の2つから構成される（図5）。本体は、接続時の操作法や振動の影響を考慮してTVカメラや種々の光学系を内部に収容し、小型化を図った。制御装置は、TVカメラからの画像信号を処理し、コア軸位置の検出、軸ずれ量の検出を行うとともに、全体の接続作業の各工程を制御できるようにした。なお、付属のビデオモニタにより、光ファイバの切断端面の良否や接続工程を監視することができる。

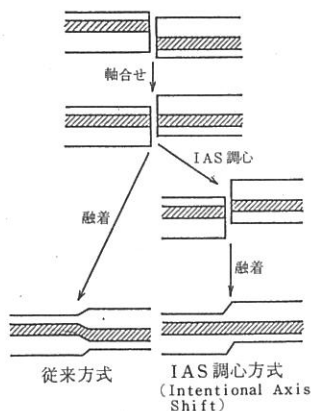


図4. 融着時の軸ずれを考慮した新しい軸合わせ方法

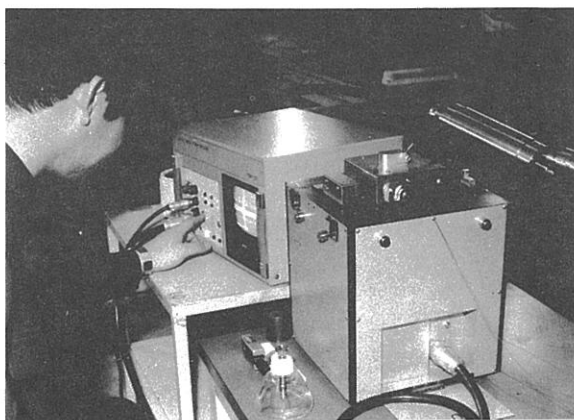


図5. コア直視型融着接続装置の外観

3. 効 果

本接続装置を用いた光ファイバ接続作業は、コアの軸合わせ、融着、接続損失の評価までを全て自動化している。所要時間はこの自動化工程で約2分、接続前の端面切断や接続後の補強までも含めた全作業で平均7分で、接続現場のみの作業で完了する。従って、従来のパワーモニタ法と比べ、作業時間、作業人員ともに半分以下ですみ、光ファイバ通信網の建設作業の高能率化、省力化、迅速化を実現した。

また、接続作業の要となる工程の自動化を可能としたことから、全工程のロボット化の推進に寄与するものと考えられる。

このように本接続法は、需要の半分以上が海外であることから分かるように、世界的にも他に類を見ない技術であり、今後の国内外における光ファイバ通信網による高度情報化社会の構築をさらに推進するものと考えられ、そのインパクトは非常に大きい。