

# D形偏波保持光ファイバの融着接続

窪 敏 喜<sup>1</sup>・Bryan Malinsky<sup>1</sup>・神 田 佳 治<sup>1</sup>・Wenxin Zheng<sup>1</sup>

## Arc Fusion Splicing of D-Shape PM Fibers

T. Kubo, B. Malinsky, Y. Kanda, and W. Zheng

偏波保持光ファイバで最も多く使用されているのはPANDAファイバであるが、一部用途においては断面がD形の光ファイバが使用される

融着接続機開発グループでは、光ファイバ融着接続技術開発としてこのD形の偏波保持光ファイバを融着接続する方法の開発を行い、その方法を現行融着接続機に新機能として追加した

PANDA fiber is the most popular Polarization Maintaining (PM) fiber and is used in many fields of optical devices. However, for the specific purpose, a PM fiber with "D-Shape" cross section is used.

We developed a new technology of fusion splicing to splice D-shaped fiber and installed it on the conventional splicer as a new function.

### 1. ま え が き

偏波保持光ファイバ<sup>1</sup>は、光デバイスをはじめ幅広い用途に使用されている

最も多く使用されているのはPANDAファイバであるが、一部用途においては断面が円ではなく“D”形の光ファイバが使用されている<sup>2</sup>

従来の光ファイバ融着接続機では、この形状を認識して偏波面をあわせることができなかった。そのためこの光ファイバを接続する際には、作業者が目視によりD形状を判断して偏波面をあわせる必要があった。しかし、この方法では、接続時間が長くなる、接続品質が作業者のスキルに依存し接続品質のばらつきが大きいなどの問題点があり、自動で偏波面をあわせる技術が求められていた

融着接続機開発グループでは、光ファイバ融着接続技術開発として、D形偏波保持光ファイバの偏波面をPANDAファイバと同様に自動であわせ、融着接続する方法の開発を行った

また、D形ファイバを融着接続機にセットする際の作業性向上のため、光ファイバホルダの改良も行った

### 2. 背 景

#### 2.1 D形定偏波光ファイバの接続

D形定偏波光ファイバの断面を図1に示した。断面形状がD形であるほか、コアが楕円であるという特徴をもつ

D形光ファイバは、断面の直線部分が手前になるような位置とそうでないときとの違いを側方からの目視で確認することができる。

しかし、この目視で偏波面をあわせるにはスキルが必要で、接続品質は作業者のスキルに大きく左右されるといった問題点があった。

また、接続作業に要する時間も長くなってしま

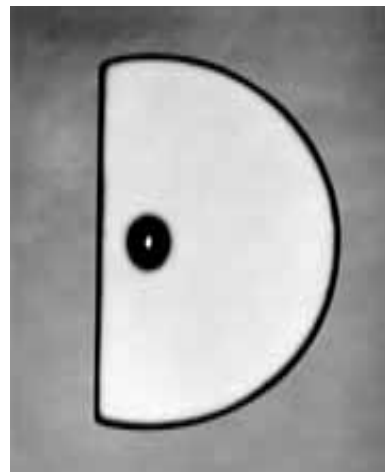


図1 D形定偏波光ファイバ  
Fig. 1. Cross section of D-shape fiber.

1 AFL Telecommunications

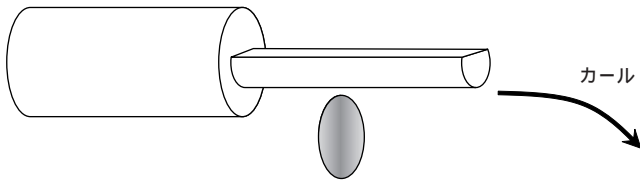


図2 D形光ファイバの切断  
Fig. 2. Cleaving D-shape fiber.

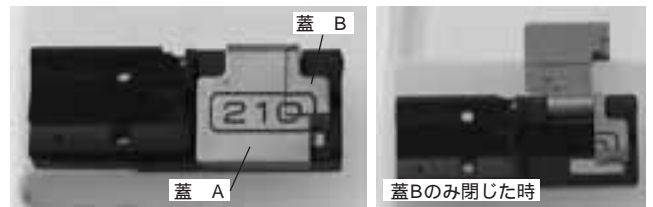


図3 光ファイバホルダ  
Fig. 3. Fiber holder.

2.2 融着接続の準備作業

光ファイバの融着接続作業では、接続の前に被覆除去、端面切断、融着接続機へのセットという作業が必要になる。前項で述べたように従来技術では作業者は側方からの目視にてD形ファイバの形状を認識し、図2のように平面部分が上になるような向きに光ファイバをセットし、端面切断、融着接続機へのセットを行っていた。実際の作業ではここでの光ファイバのセットにより決まる偏波面の位置精度が、融着接続後の消光比を決める。そのため、作業には十分な消光比を得られる精度でのセットが求められていた。光ファイバの平面部分が真上になるようにセットするには、何回か作業を繰り返す必要がある。

3.D形光ファイバの融着接続技術の開発

D形光ファイバの融着接続技術の開発は、光ファイバホルダの改良による準備作業の開発、および新規アルゴリズム開発による自動位置あわせの2つにより行った。

3.1 光ファイバホルダの改良

アルゴリズム開発により、偏波面の位置あわせが自動で行えるようになっても、光ファイバカッタでの切断を行うためには、カッタの刃が断面の曲線部分に当たる必要がある。

つまり、精度は要求されないものの前項のように平面部分が上にくるようにセットする必要性は依然として残る。この作業を効率よく行えるようにするため、光ファイバホルダの改良を行った。

図3は改良後の光ファイバホルダを示したものである。

通常光ファイバを固定する蓋は1枚であるが、これを2分割した。図3右に示したような蓋Bのみを閉じた状態では、光ファイバをホルダにセットした状態で回転させることができる。光ファイバ断面の平面部分が上になるようにしたあと、蓋Aを閉じ、端面切断、融着接続機へのセットを行う。

3.2 自動位置あわせ

FSM - 45 PM<sup>3</sup> をはじめとするコア直視型融着接続機では、光ファイバの側方から照射した光の透過光を分析して、コア位置の検知、定偏波ファイバの応力付与部の検知を行っている。

図4は、一般的なシングルモード光ファイバの側方から照射した光の透過光を融着接続機で観察した像の一例

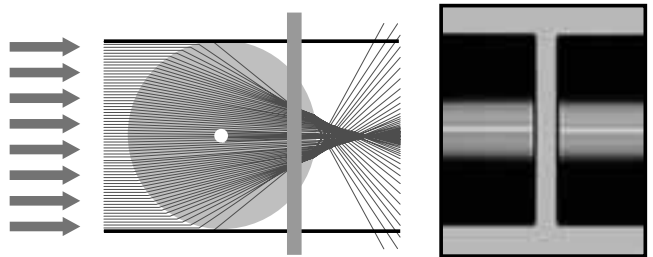


図4 融着接続機での光ファイバ観察の原理  
Fig. 4. Principle of observing optical fibers.

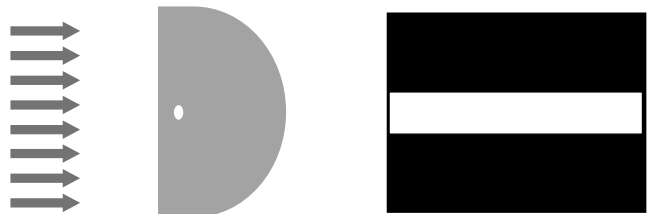
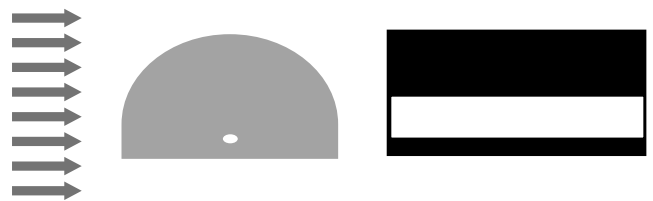


図5 D形光ファイバの融着接続機での像  
Fig. 5. D-shape fiber image on the splicer's LCD.

である。図4の左から照射した光はクラッドと空気の屈折率差により集光する。またコア付近に達した光はコアとクラッドの屈折率差により再度屈折する。この結果融着接続機で観察する像は、集光により明るく光る部分の真ん中付近に、より一層明るく光る部分としてコアを認識することができる。

定偏波光ファイバでは、応力付与部とクラッドの屈折率差により応力付与部を認識することができる。

一方D形光ファイバは、クラッドが円ではないため通常の光ファイバと異なった像となる。

図5にその一例を示した。図5より、光ファイバが回転すると、クラッド径と集光部分の位置が大きく動くことが確認できる。

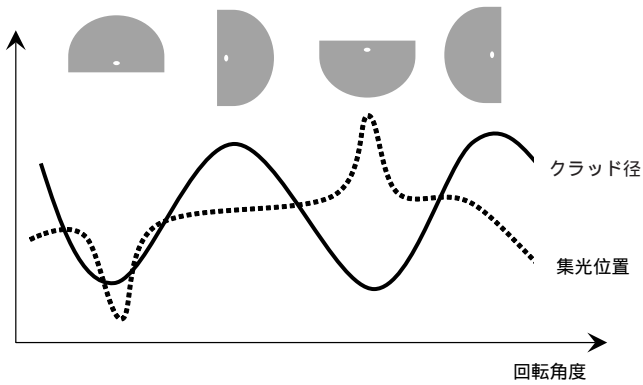


図6 D形光ファイバを回転させたときの変化  
Fig. 6. Principle of aligning D-shape fiber.

これらと角度の関係は図6のようになる。この関係から偏波面の角度を求めて回転位置あわせを行うアルゴリズムを開発し、光ファイバ融着接続機 FSM - 45 PM に搭載した

#### 4.性能評価

##### 4.1 調心性能

接続後の角度ずれ測定結果を図7に示した

通常のPANDAファイバの接続結果よりもやや劣る結果ではあるが、D形光ファイバの用途においては十分に満足できる結果である

##### 4.2 接続損失

図8に接続損失を示した。25接続データ中、7接続にて0.5 dBを超える高い損失となっている。この原因は、以下であると考えられる

図9は接続前後の光ファイバの様子（融着接続機の画面に映し出されたもの）である。D形光ファイバの接続では左右の光ファイバが一直線ではなく"V字形状"になっていることが確認できる。この原因は2項で述べたカーブである

融着接続機の画像処理による測定結果では2度を超える値となっていて、このV字形状は接続後にも残り、接続損失を悪化させる原因となる<sup>4</sup>。なお、通常の光ファイバの接続では0.1度以下である

#### 5.むすび

D形定偏波光ファイバの融着接続方法について、光ファイバホルダの改良、アルゴリズム新規開発という2点から開発を行った。接続損失については課題が残るものの、偏波面の角度ずれについてはD形光ファイバの用途においては満足できる結果を得た

なお、新規開発したアルゴリズムは融着接続機 FSM - 45 PM に搭載され、改良型光ファイバホルダとともに実際に使用されている

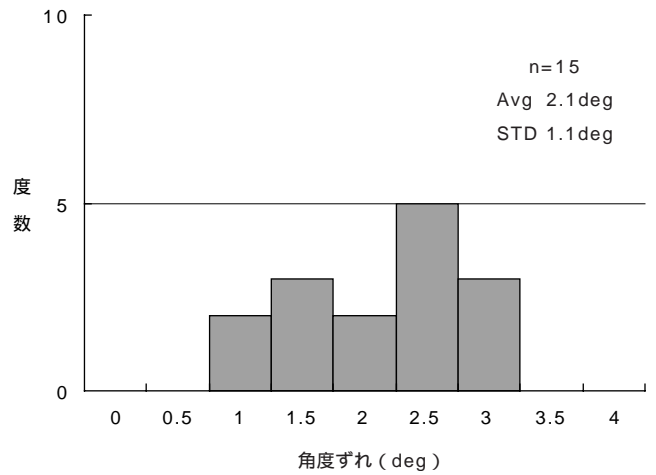


図7 クロストーク測定結果  
Fig. 7. Splicing crosstalk.

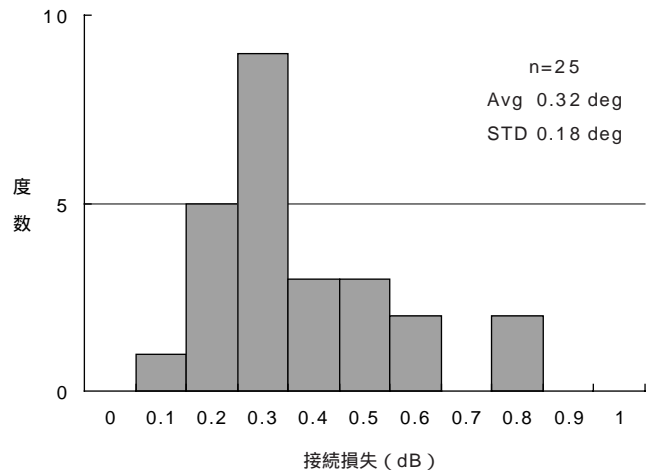


図8 接続損失  
Fig. 8. Splicing loss.



図9 接続前後のファイバの様子（左:接続前 右:接続後  
Fig. 9. Fiber image on the splicer's LCD.  
L : Before splicing R : After splicing

#### 参考文献

- 1) 姫野邦治ほか：「偏波保持光ファイバ」, フジクラ技報 第85号, 1993
- 2) K.Smith, B.Ipson, T.Lowder, A.Hawkins, R.Selfridge, S.Schulz : "Surface-relief fiber Bragg gratings for sensing applications", Appl. Opt. 45, 1669-1675, 2006
- 3) 高橋建次ほか：「工場用特殊用途融着接続機」, フジクラ技報 第99号, 2001
- 4) D. Marcuse : "Loss analysis of single-mode fiber splices", The Bell Sys. Tech. J., Vol. 56, No. 5, pp. 703-718, May, 1976