

プレアングルド MT フェルール

光ケーブルシステム開発センター 加藤 誠司¹・太田 達哉²・藤原 邦彦²・田中 利行³

Pre-Angled MT Ferrule

S. Kato, T. Ohta, K. Fujiwara, and T. Tanaka

光アクセスネットワークおよび光インターコネクションの分野で多心光コネクタの要求が高まっている。市場の要求は低価格および低損失であるため、当社では安価で製造可能な熱可塑性樹脂 PPS(ポリフェニレンサルファイド)を用い、アSEMBル時の研磨工数も削減することができるシングルモード光ファイバ用低損失プレアングルド MT フェルール¹⁾を開発した。この MT フェルールを使用した多心光コネクタ(MPO コネクタ)は、光アクセスネットワークおよび光インターコネクションで使用する際に要求される環境特性を満足するとともに、最大接続損失 0.25 dB 以下を実現した。

The demand of multi-optical fiber connector in optical access network and optical interconnection is increased. We have developed a single-mode low-loss type Pre-Angled MT ferrule using a polyphenylene sulfide (PPS) thermoplastic resin in order to lower production cost because one of the market demands is low price. In addition, the polishing time using the connector is also reduced. This connector satisfies environmental tests required for reliable field performance, and is suitable for use in access networks and optical interconnection. We have verified that the maximum connection loss was less than 0.25 dB.

1. ま え が き

ネットワークサービスの普及にともない、動画等の大容量データの伝送が爆発的に増大し、コア/メトロネットワークのみならず、アクセスネットワークをかいして各家庭まで光配線が広がっている。一戸建て、集合住宅(MDU)の各戸まで光配線がなされるため、MDUにおいては、各階への配線に、単心光コネクタの代わりに、高密度な配線が実現可能な多心光コネクタ(MPO コネクタ)の要求が高まっている(図1)。単心光コネクタから多心コネクタへの移行で課題となるのが、単心光コネクタと同程度の光学特性(特に接続損失)である。技術の向上によって、単心光コネクタと同程度の光学特性を達成することが可能になってきているが、コストの面では、今だ、単心光コネクタと同コストで製造できていないのが現状である。

また、高速なデータ伝送を処理するため、データセンタ施設の数が増加し、伝送装置間の配線に光配線が使用され始めている。電気配線を光配線に置き換える場合、

電気配線と同程度な高密度配線が要求される。これらの要求に対し、高密度な光配線が可能な多心光コネクタは有効である。このように光インターコネクションの分野においても、多心光コネクタの要求が高まっている。電気配線から光配線への移行で課題となるのがコストの問題である。従来は、光を適用するだけで、部品費が大幅にコストアップしていたが、製造技術の向上および需要増によって低コスト化が進んでいる。しかし、光配線の導入を促進させるためには、さらなる低コスト化が必要である。

上記のような要求に対し、当社では、より低コストかつ低損失で MPO コネクタを製造可能にするため、MPO コネクタのキーパーツである MT フェルールを低コストかつ高精度に製造可能なシングルモードファイバ用プレアングルド MT フェルールを開発したので、その優位性と評価結果について報告する。

2. 構 造

図2に PPS 樹脂を用いて成形したプレアングルド MT フェルールの外観画像を示す。今回評価に用いたのは 12 心用および 24 心用プレアングルド MT フェルールである。基本構造は MT フェルール (JIS C 5981 F12

1 光機器開発部
2 光機器開発部首席研究員
3 光機器開発部グループ長

略語・専門用語リスト

略語・専門用語	正式表記	説明
MT	Mechanically Transferable	多心光ファイバの一括接続方式の一種。この方式を用いたコネクタがMTコネクタであり、そのキーパーツがMTフェルール
MPO	Multifiber Push-On	MTよりも簡易的に多心光ファイバを一括で接続する接続方式。この方式を用いたコネクタがMPOコネクタ
MDU	Multi-Dwelling Units	集合住宅の略称
PPS	Polyphenylene Sulfide	MTフェルールの材料として使用されている樹脂
PC	Physical Contact	光ファイバの端面どうしを直接、隙間なく接続させること

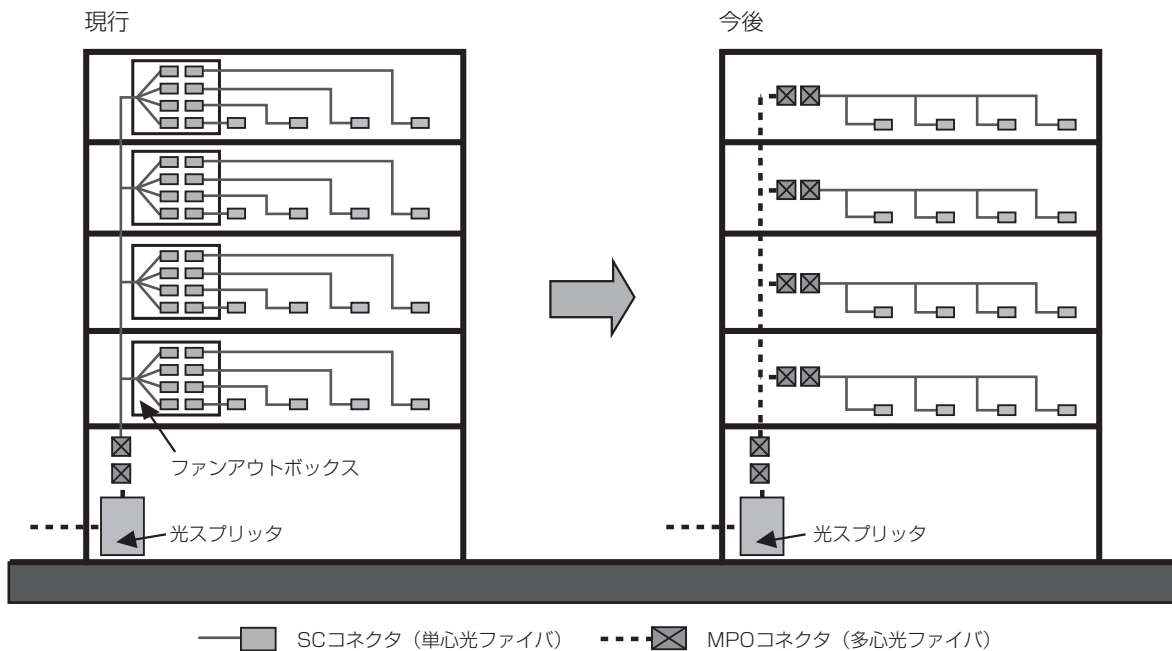
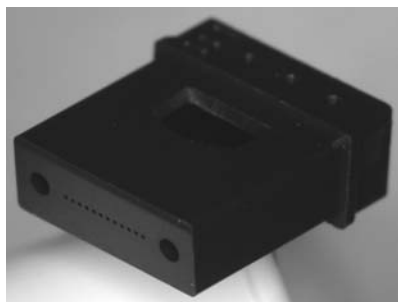
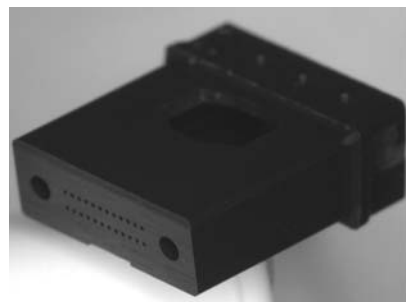


図1 集合住宅 (MDU) の光配線
Fig. 1. Optical wiring of MDU.



プレアングルド12MTフェルール



プレアングルド24MTフェルール

図2 プレアングルドMTフェルール
Fig. 2. Pre-Angled MT ferrule.

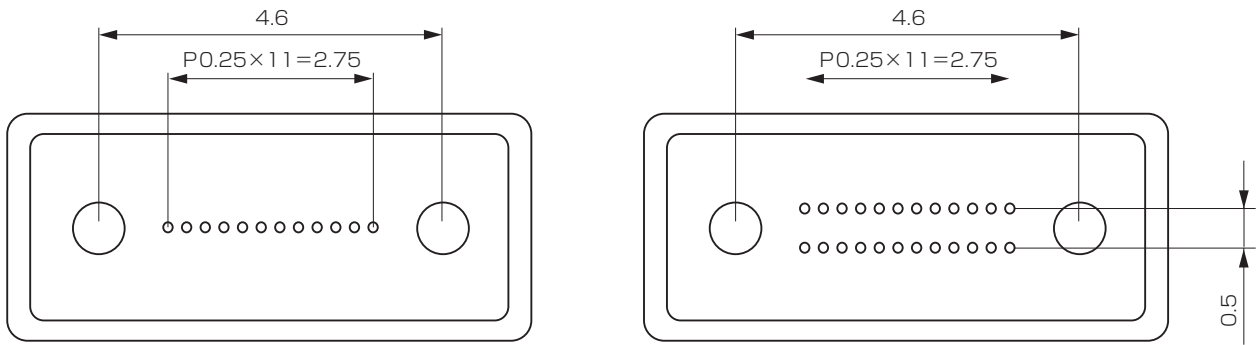


図3 プレアングルド MT フェルールの光ファイバ穴の配列
Fig. 3. Fiber hole alignment on the end face of Pre-angled MT ferrule.

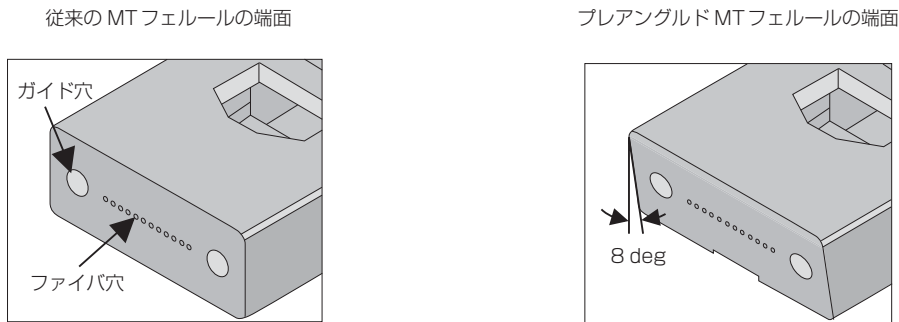


図4 従来の MT フェルールとの端面の比較
Fig. 4. End face comparison between standard MT ferrule.



図5 従来の MT フェルールとの研磨量の比較
Fig. 5. Polished region comparison between standard MT ferrule.

形多心光ファイバコネクタ)に準拠している。それぞれのプレアングルド MT フェルールの光ファイバ穴の配列を図3に示す。

シングルモード光ファイバ用の MPO コネクタは、端面を8度に研磨することによって、接続点での光の反射量を大幅に低減させている。従来の MT フェルールは、端面が直角で成形され、研磨によって8度の端面を形成している。それに対し、プレアングルド MT フェルールは、成形によって端面を8度に形成している(図4)。

3. プレアングルド MT フェルールの優位性

3.1 低コスト化

プレアングルド MT フェルールは、端面が斜めに成

形されているため、従来の MT フェルールに比べ、研磨量が少なくて済む(図5)。その結果、従来と比べ10~20%程度の研磨工数の削減が期待できる。

3.2 高精度化(低損失化)

PC (Physical Contact) 接続を前提とすると、MPO コネクタの接続損失のもっとも大きな要因は、接続時の光ファイバコアの軸ズレである。軸ズレによる接続損失は(1)式²⁾によって決まる。

$$L = -10 \log (\exp (-d / \omega)^2) \dots\dots\dots (1)$$

L : 接続損失 (dB)

d : 軸ズレ量

ω : モードフィールド半径

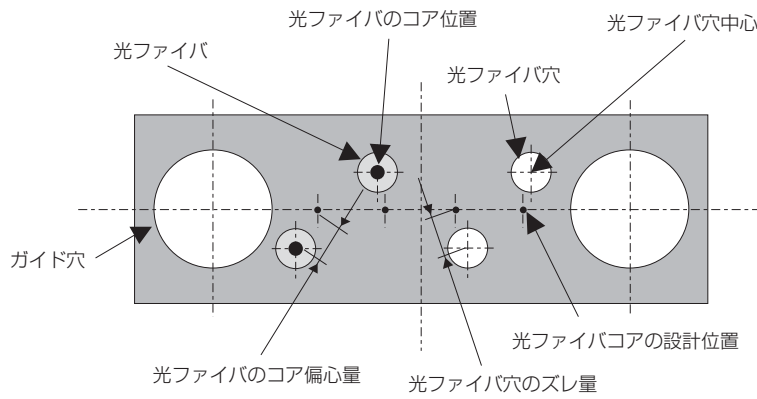


図6 光ファイバのコア偏心量と光ファイバ穴のズレ量
Fig. 6. Eccentricity of fiber core and eccentricity of fiber hole.

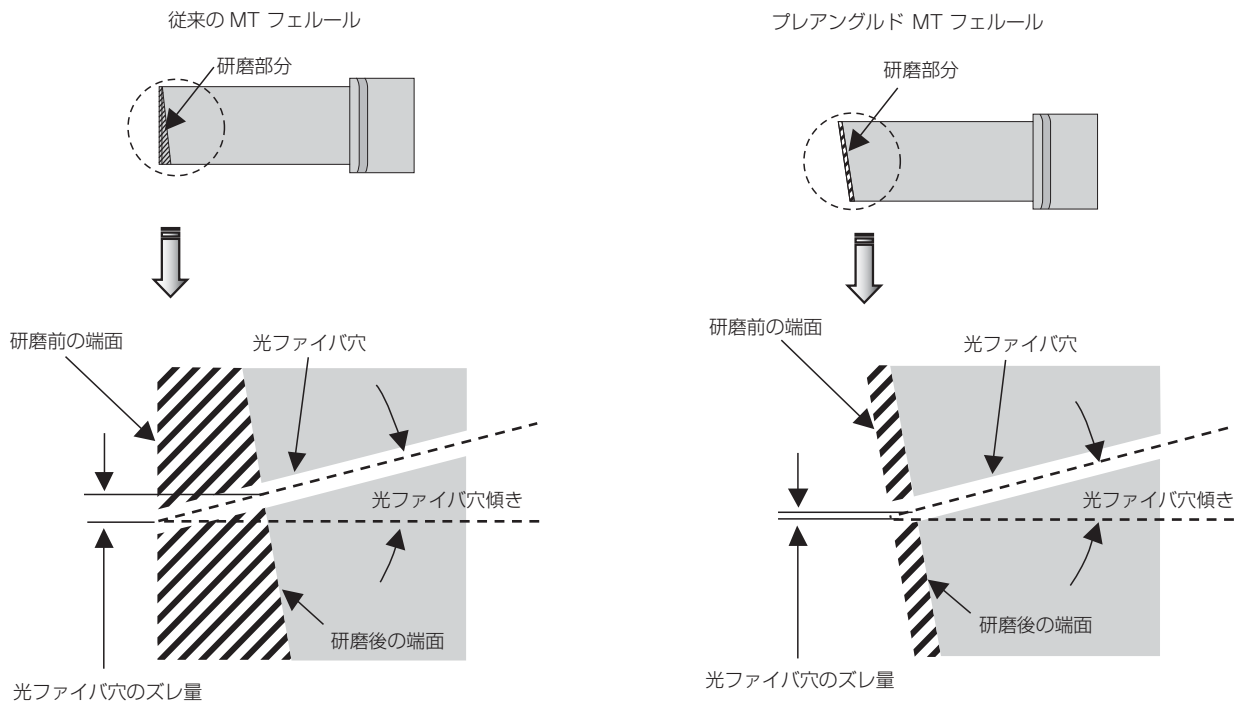


図7 光ファイバ穴傾きによる光ファイバ穴のズレ量
Fig. 7. Fiber hole eccentricity change due to fiber hole angle.

低損失を達成するためには、光ファイバコアの軸ズレを小さくする必要がある(図6)。光ファイバコアの軸ズレを小さくするためには、光ファイバが取り付けられるMTフェルールの光ファイバ穴位置を高精度に形成する必要がある。MTフェルールの研磨後の光ファイバ穴位置は、(2)式³⁾で算出される。研磨後の光ファイバ穴位置を高精度に形成するためには、研磨前の光ファイバ穴位置のズレ量と光ファイバ穴の傾きを抑える必要がある。

$$E = e + dL \cdot \tan \theta \dots \dots \dots (2)$$

- E : 研磨後の光ファイバ穴推定位置
- e : 研磨前の光ファイバ穴位置
- dL : MTフェルール端面の研磨量
- θ : ガイド穴に対する光ファイバ穴傾き

研磨前の光ファイバ穴位置(e)に関しては、金型の寸法精度の向上によって高精度化を達成している。研磨後の光ファイバ穴推定位置のズレは、(2)式からわかるように研磨量(dL)とガイド穴に対する光ファイバ穴傾き(θ)に依存する。研磨量が多くなるほど研磨後の光ファイバ穴推定位置と実際の位置とのズレ量は大きくなり(図7)、光ファイバ穴傾きは完全には線形でないことから、推定位置よりも実際の位置の設計値からのズレ量が大きくなる場合もある。これらを改善するため、端面をあらかじめ8度に形成することによって、研磨量を著しく減らし、光ファイバ穴傾きによる光ファイバ穴位置のズレ量を低減させることができた。

また、研磨量を減らしたことによって、研磨後の光ファイバ穴推定位置への光ファイバ穴傾きの依存性が小さくなった。そのため、光ファイバ穴傾きの公差を緩和でき、

金型の調整に要する時間を短縮することができた。これによって、従来のMTフェルールと比べ、30%程度の金型調整工数の削減が可能である。

今回、開発したプレアングルドMTフェルールでは、研磨後の光ファイバ穴推定位置（E）の改善および製造コストダウンを達成した。

4. 評価結果

4.1 光ファイバ穴のズレ量

今回開発したプレアングルドMTフェルール（12心、24心）の光ファイバ穴ズレ量の評価結果を図8,9に示す。プレアングルド12MTフェルールは平均ズレ量0.23 μm、最大ズレ量0.52 μm（図8）、プレアングルド24MTフェルールは平均ズレ量0.23 μm、最大ズレ量0.53 μm（図9）であり、目標とした光ファイバ穴ズレ量0.53 μm以下を満足することができた。この目標値は、多心光コネクタの低損失グレードIEC Grade B（97% 0.25 dB以下）を満足できる光ファイバ穴ズレ量であり、その値は、計算式（1）から算出した。

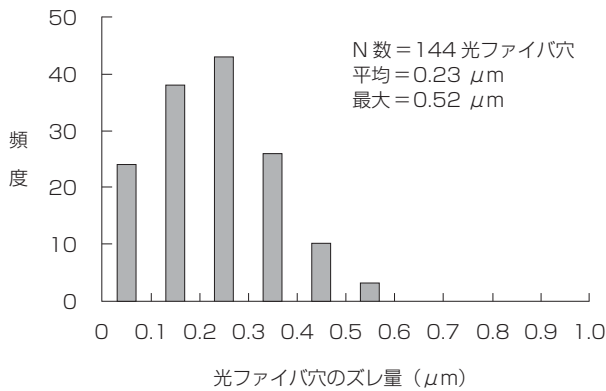


図8 プレアングルド12MTフェルールの光ファイバ穴のズレ量

Fig. 8. Eccentricity of fiber hole of Pre-Angled 12MT ferrule.

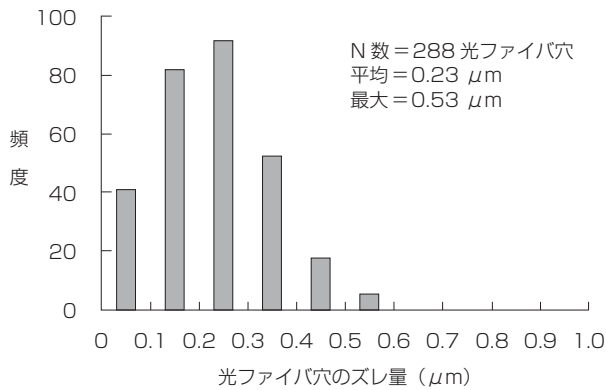


図9 プレアングルド24MTフェルールの光ファイバ穴のズレ量

Fig. 9. Eccentricity of fiber hole of Pre-Angled 24MT ferrule.

4.2 接続損失

図10, 11に接続損失の評価結果を示す。評価に使用した光ファイバはシングルモード型光ファイバであり、屈折率整合剤を使用せず、MPOコネクタをランダムに接続した。測定波長は1.31 μmである。

プレアングルド12MTフェルールの接続損失は平均0.08 dB、最大0.24 dB（図10）、プレアングルド24MTフェルールの接続損失は平均0.08 dB、最大0.25 dB（図11）であり、単心光コネクタと同程度の接続損失を得た。この結果は、IEC Grade B（97% 0.25 dB以下）を満足している。

4.3 反射減衰量

図12, 13に反射減衰量の評価結果を示す。プレアングルド12MTフェルールの反射減衰量は平均64.8 dB、最小60.0 dB（図12）、プレアングルド24MTフェルールの反射減衰量は平均64.4 dB、最小58.0 dB（図13）であり、PC接続が得られている良好な結果を得た。

4.4 光ファイバのコア偏心量

図14, 15に光ファイバをアSEMBルした後の光ファイバのコア偏心量の評価結果を示す。プレアングルド

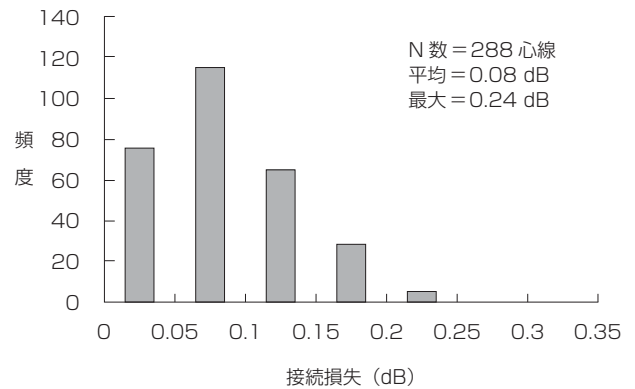


図10 プレアングルド12MTフェルールの接続損失

Fig. 10. Connection loss of Pre-Angled 12MT ferrule.

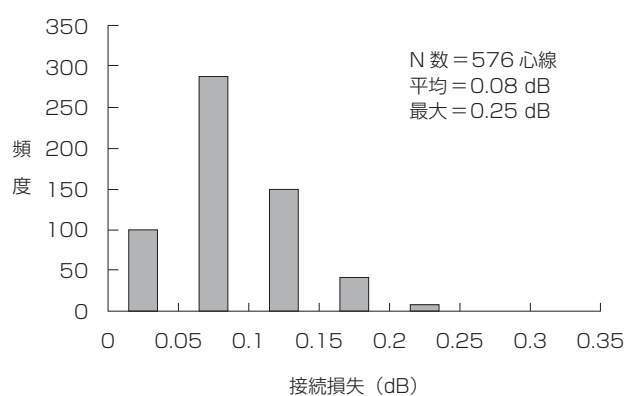


図11 プレアングルド24MTフェルールの接続損失

Fig. 11. Connection loss of Pre-Angled 24MT ferrule.

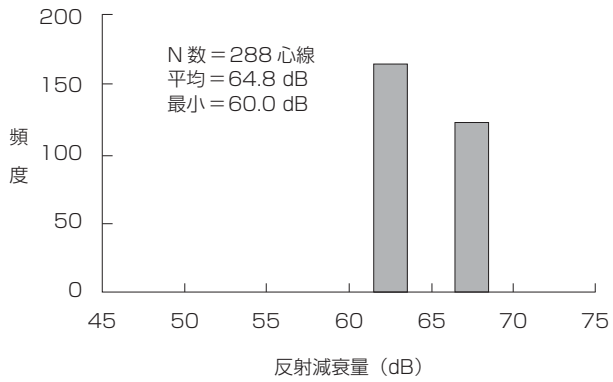


図 12 プレアングルド 12MT フェルールの反射減衰量
Fig. 12. Return loss of Pre-Angled 12MT ferrule.

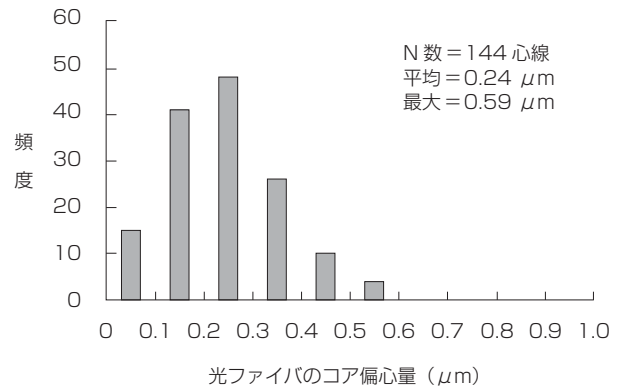


図 14 プレアングルド 12MT フェルールを用いた
12MPO コネクタの光ファイバのコア偏心量
Fig. 14. Eccentricity of fiber core of 12MPO connector
using Pre-Angled 12MT ferrule.

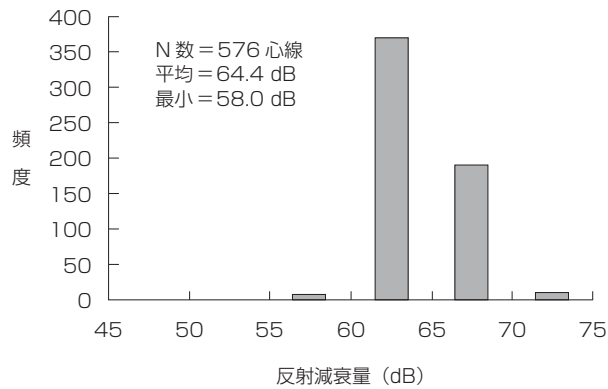


図 13 プレアングルド 24MT フェルールの反射減衰量
Fig. 13. Return loss of Pre-Angled 24MT ferrule.

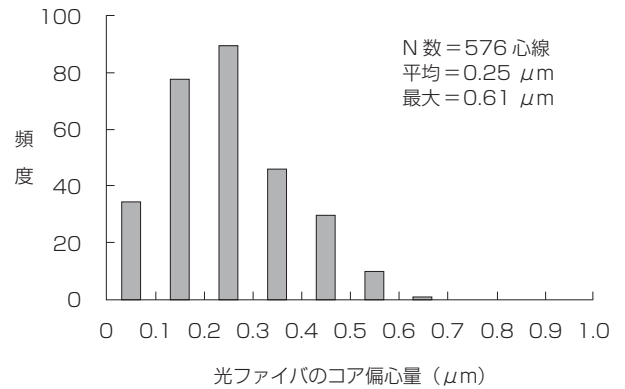


図 15 プレアングルド 24MT フェルールを用いた
24MPO コネクタの光ファイバのコア偏心量
Fig. 15. Eccentricity of fiber core of 24MPO connector
using Pre-Angled 24MT ferrule.

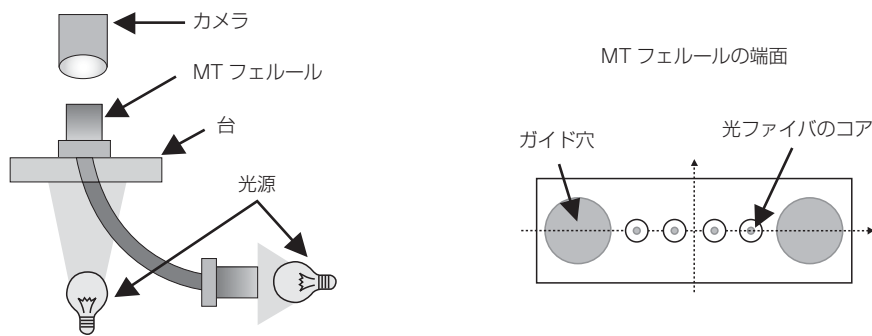


図 16 光ファイバのコア位置の測定方法
Fig. 16. Measuring method of fiber core position.

表 環境試験条件 (Telcordia GR-1435-CORE)
Table 1. Environmental test condition
(Telcordia GR-1435-CORE).

項目	試験条件	規格
Thermal Aging Test	85 °C, 14 日	挿入損失増加量 0.3 dB 以下
Humidity Test	湿度 95 %, 65 °C, 14 日	
Thermal Cycle Test	- 40 ~ 75 °C, 42 サイクル	

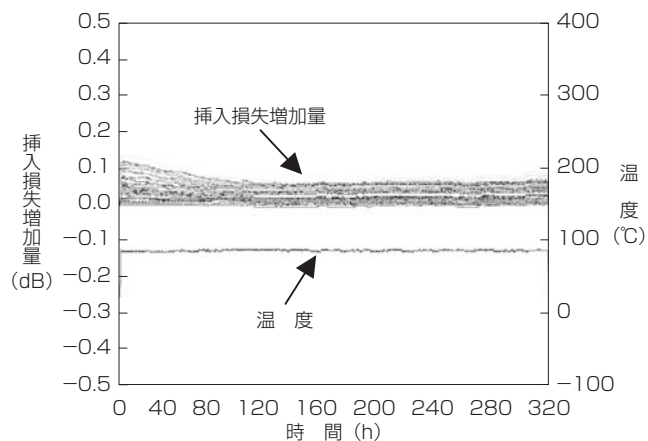


図17 プレアングルド MT フェルールを用いた 12MPO および 24MPO コネクタの Thermal Aging Test 評価結果
Fig. 17. Results of Thermal Aging Test of the 12MPO and 24MPO connector using Pre-Angled MT ferrule.

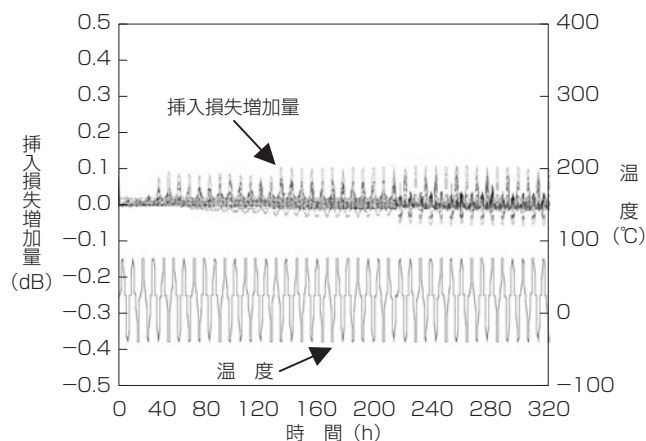


図19 プレアングルド MT フェルールを用いた 12MPO および 24MPO コネクタの Thermal Cycle Test 評価結果
Fig. 19. Results of Thermal Cycle Test of the 12MPO and 24MPO connector using Pre-Angled MT ferrule.

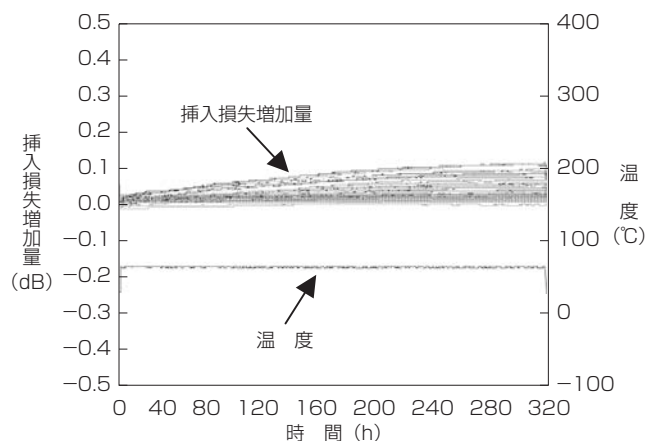


図18 プレアングルド MT フェルールを用いた 12MPO および 24MPO コネクタの Humidity Test 評価結果
Fig. 18. Results of Humidity Test of the 12MPO and 24MPO connector using Pre-Angled MT ferrule.

12MT フェルールの偏心量は平均 $0.24 \mu\text{m}$ 、最大 $0.59 \mu\text{m}$ 、 $0.53 \mu\text{m}$ 以下 98.6% (図 14)、プレアングルド 24MT フェルールの偏心量は平均 $0.25 \mu\text{m}$ 、最大 $0.61 \mu\text{m}$ 、 $0.53 \mu\text{m}$ 以下 97.9% (図 15) である。ともに、光ファイバのコア偏心量 $0.53 \mu\text{m}$ 以下が 97% 以上であり、接続損失で IEC Grade B (97% 0.25 dB 以下) を満足する光ファイバコア偏心量である。図 14 および図 15 の多心光コネクタの接続損失結果が図 10 および図 11 である。計算式 (1) を用いて光ファイバのコアの偏心量から接続損失を計算した結果と実際の測定結果の図 10, 11, 14, 15 を比較すると、計算値と実測値はほぼ合致しており、これにより光ファイバのコアの偏心量が $0.53 \mu\text{m}$ 以下を満たせば接続損失は 97% 以上の MT フェルールにおいて 0.25 dB 以下を実現できるということができる。

光ファイバのコア偏心量の測定方法 (図 16) は、JIS C 5961 光ファイバコネクタ試験方法に定められている MT フェルールの光ファイバ穴偏心量の測定方法を基にしている。ガイド穴と光ファイバコアに光を入射し、カ

メラによって各穴およびファイバコアの中心位置を測定し、設計位置からのズレ量を算出している。測定精度を向上したことによって 8 度傾いた端面を持つシングルモード用 MPO コネクタの光ファイバコア偏心量も測定することが可能となった。

4. 5 環境試験結果

Telcordia 規格 (GR-1435-CORE) に準拠した環境試験を実施した。表にその試験条件 (Thermal Aging Test, Humidity Test, Thermal Cycle Test) を示し、図 17 ~ 19 に試験結果を示す。すべての試験で試験中に挿入損失の増加量が 0.3 dB 以下であり、Telcordia 規格を満足した。

5. む す び

当社では、MT フェルール製造とアSEMBル工程の両方でコスト削減が見込めるプレアングルド MT フェルールを開発した。これを使用したシングルモードファイバ用 MPO コネクタ (12MPO コネクタ, 24MPO コネクタ) で単心光コネクタと同程度の良好な光学特性を有していることを確認した。今回開発したプレアングルド MT フェルールは、単心光コネクタから多心光コネクタへの移行および電気配線から光配線への移行に有益な働きをもたらすと考える。

参 考 文 献

- 1) 加藤ほか：“Development of a Multiple Row Pre-Angled MT Low Loss Connector”, OFC/NFOEC2008, JWA116
- 2) 佐武ほか：“Plastic molded single-mode fifty-fiber connector”, OFC1988, THJ2
- 3) 西村ほか：“低損失 MPO Connector”, フジクラ技報, 第 30 号, pp.12-16, 2001