

Ultra Low Loss (ULL) MPOコネクタ

光ケーブルシステム事業部 菅野修平¹・篠田智之¹・藤原邦彦²・進藤幹正³

Ultra Low Loss ULL MPO connector

S. Kanno, S. Tomoyuki, K. Fujiwara, and K. Shindo

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。当社では、ファイバコア偏心量の少ないMTフェルールを用い、多心光コネクタとして実績のある従来のMPOコネクタよりも低損失な接続と優れた着脱再現性を備えたUltra Low Loss (ULL) MPOコネクタを開発した。12心のシングルモードファイバを実装した12-ULL MPOコネクタで、50回の繰り返し着脱での最大挿入損失が0.15 dB以下であることを確認し、安定した超低損失接続を実現した。また、24心のシングルモードファイバを実装した24-ULL MPOコネクタでも、50回の繰り返し着脱での最大挿入損失が0.20 dB以下であることを確認した。

The demand for multi-fiber connectors in optical access network and optical interconnection is growing. We have developed an Ultra Low Loss (ULL) MPO connector using low core eccentricity MT ferrule, with greater mating repeatability performance over the current generation MPO connectors. We have verified that the maximum insertion loss of 12-ULL MPO connector with 12 single mode fibers was less than or equal to 0.15 dB in 50 times repeated mating and we have achieved stable very low loss performance. And maximum insertion loss of 24-ULL MPO connector with 24 single mode fibers was also less than or equal to 0.20 dB in 50 times repeated mating.

1. ま え が き

近年、インターネットサービスの多様化によるデータトラフィックの爆発的増大によって、光ファイバ通信が広く普及している。高密度な光ファイバ配線が可能であり、かつ複数の光ファイバを一括で接続可能な多心光コネクタの要求が高まっている。当社ではこれまで、多心光コネクタとしてMPOコネクタの開発、製品化を行ってきた^{1), 2), 3)}。このような背景の中、より高速伝送を可能にするために、シングルモード光ファイバを備え、安定した低損失特性が得られるMPOコネクタの需要が高まっている。

当社では、コネクタの繰り返し着脱において高い着脱再現性を有し、かつ超低損失な接続特性を備えた、シングルモード光ファイバ用Ultra Low Loss (ULL) MPOコネクタを開発したので報告する。

2. 構 造

2. 1 コネクタのインターフェース構造

図1に当社で開発した24心ULL MTコネクタの外

観構造を示す。12心ULL MTコネクタ、24心ULL MTコネクタともにPPS (polyphenylene sulfide) 樹脂で作製されたMTフェルールを用いている。また、図2に、MTコネクタにハウジング部品を実装したULL MPOコネクタの外観構造を示す。12心ULL MPOコネクタは、IEC 61754-7-1 ed.1 に準拠したインターフェース構造となっており、24心ULL MPOコネクタは、IEC 61754-7-2 ed.1 に準拠したインターフェース構造となっている。したがって、既存のMPOコネクタとかん合互換性がある。



図1 24心ULL-MTコネクタ

Fig. 1. Structure of 24-fiber ULL MT connector.

1 光機器開発部

2 光機器開発部グループ長

3 光機器開発部部長

略語・専門用語リスト		
略語・専門用語	正式表記	説明
MT	Mechanically Transferable	多心光ファイバを一括で接続する技術その技術を用いたコネクタをMTコネクタと言う。そのキーパーツがMTフェルールである。
MPO	Multifiber Push-On	MTよりも容易に多心光ファイバを一括で接続可能な技術。その技術を用いたコネクタをMPOコネクタと言う。



図2 ULL MPOコネクタの構造
Fig. 2. Structure of ULL MPO connector.

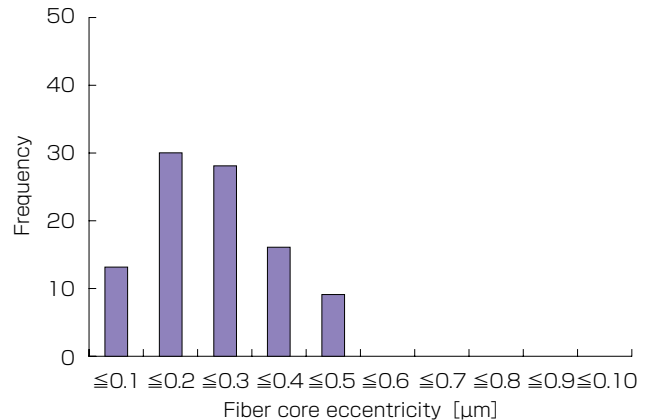


図4 12心ULL MPOコネクタのファイバコア偏心
Fig. 4. Fiber core eccentricity of 12-fiber ULL MPO connector.

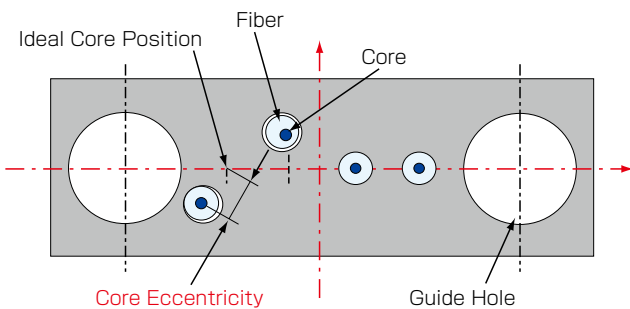


図3 MTコネクタのファイバコア偏心模式図
Fig. 3. Illustration of fiber core eccentricity of MT connector.

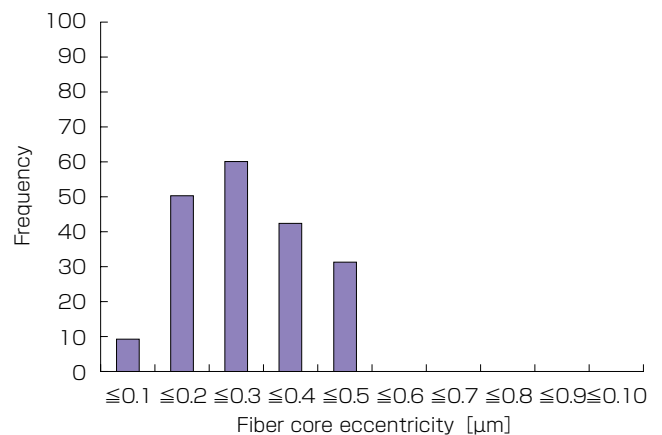


図5 24心ULL MPOコネクタのファイバコア偏心
Fig. 5. Fiber core eccentricity of 24-fiber ULL MPO connector.

2. 2 MTフェールの構造

図3にMTコネクタにおけるファイバコア偏心の模式図を示す。ファイバコア偏心は、光ファイバコア位置の設計値からのずれ量のことである。光ファイバコアの位置ずれは、光ファイバ挿入穴位置、光ファイバクラッド外径と光ファイバ挿入穴のクリアランス、および光ファイバコアと光ファイバクラッドの同心度を含む接続パラメータに依存する。MPOコネクタの挿入損失は、MTフェールに実装される光ファイバのファイバコア偏心に大きく依存する。そのため、MTフェールのファイバ穴偏心を小さく制御することがMPOコネクタの低損失化に大きく寄与する。また、実装する光ファイバについても、光ファイバの外径寸法および光ファイバ自体のコア偏心を高精度に制御したものを使用した。当社で開発したULL MPOコネクタは、この高精度なMTフェールの成

形技術と高精度に寸法制御された光ファイバにより、MTコネクタのファイバコア偏心量を小さく制御したことで、超低損失特性を達成している。

3. 評価結果

3. 1 ファイバコア偏心

図4に開発した12心ULL MPOコネクタのファイバコア偏心測定結果を、図5に24心ULL MPOコネクタのファイバコア偏心測定結果を示す。12心ULL MPOコ

ネクタのファイバコア偏心は平均 $0.23 \mu\text{m}$ 、最大 $0.46 \mu\text{m}$ であった。24 心 ULL MPO コネクタのファイバコア偏心は平均 $0.27 \mu\text{m}$ 、最大 $0.49 \mu\text{m}$ であった。当社の高精度な MT フェルールの成形技術によって、ファイバコア偏心量を小さく制御できたことが確認された。

3. 2 接続損失

図 6 に開発した 12 心 ULL MPO コネクタにおける挿入損失の評価結果を、図 7 に 24 心 ULL MPO コネクタにおける挿入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、ULL MPO コネクタのプラグ同士をランダムに接続した。測定波長は $1.31 \mu\text{m}$ である。

12 心 ULL MPO コネクタの挿入損失は平均 0.05 dB 、最大 0.17 dB であった。24 心 ULL MPO コネクタの挿入損失は平均 0.05 dB 、最大 0.18 dB であった。従来の低損失 MPO の実力値は最大 0.25 dB 程度であり、今回開発した ULL MPO は、いずれも最大 0.20 dB 以下であったことから、従来以上の低損失特性が達成できたことが確認された。

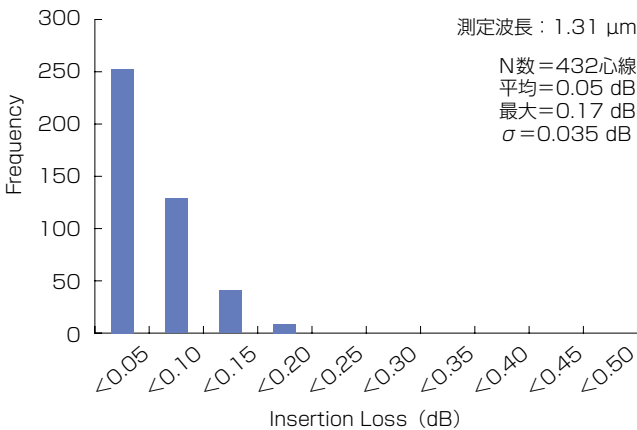


図6 12 心 ULL MPO コネクタの挿入損失

Fig. 6. Insertion loss of 12-fiber ULL MPO connector.

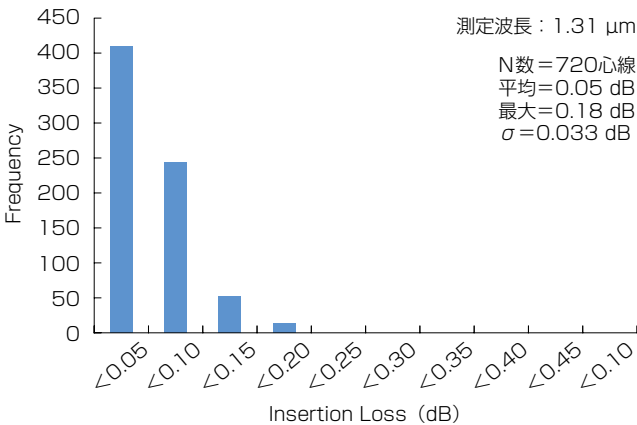


図7 24 心 ULL MPO コネクタの挿入損失

Fig. 7. Insertion loss of 24-fiber ULL MPO connector.

3. 3 反射減衰量

図 8 に開発した 12 心 ULL MPO コネクタにおける反射減衰量の評価結果を、図 9 に 24 心 ULL MPO コネクタにおける反射減衰量の評価結果を示す。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、ULL MPO コネクタのプラグ同士をランダムに接続した。測定波長は $1.31 \mu\text{m}$ である。

12 心 ULL MPO コネクタの反射減衰量は平均 64.7 dB 、最小 60.2 dB であった。24 心 ULL MPO コネクタの反射減衰量は平均 63.7 dB 、最小 55.7 dB であった。いずれも Telcordia 規格 (GR-1435-CORE Issue2) である 55 dB 以上を満足する良好な結果を得た。

3. 4 繰り返し着脱における着脱再現性

図 10 に開発した 12 心 ULL MPO コネクタにおける繰り返し着脱試験の評価結果を、図 11 に 24 心 ULL MPO コネクタにおける繰り返し着脱試験の評価結果を示す。繰り返し着脱試験の試験は、MPO コネクタ同士を MPO アダプタを介して合計 50 回着脱させ、1 回の着脱ごとに挿入損失を測定する方法で評価を行った。50 回着脱の間、MPO コネクタの端面清掃は行っていない。着脱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、ULL MPO コネクタのプラグ同士をランダムに接続した。測定波長は

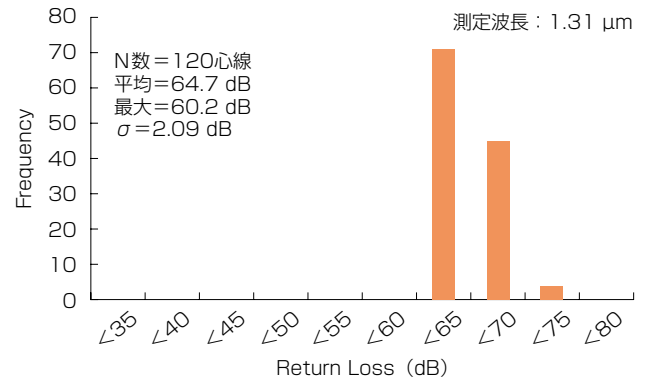


図8 12 心 ULL MPO コネクタの反射減衰量

Fig. 8. Return loss of 12-fiber ULL MPO connector.

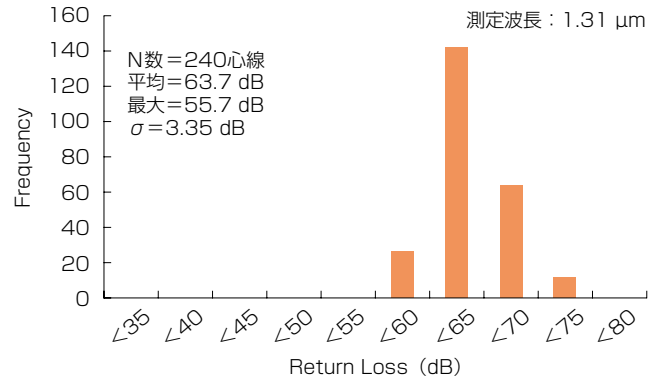


図9 24 心 ULL MPO コネクタの反射減衰量

Fig. 9. Return loss of 24-fiber ULL MPO connector.

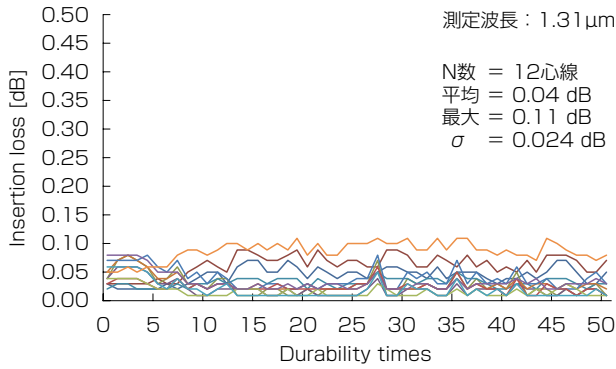


図10 12心ULL MPOコネクタの繰り返し着脱試験結果
Fig. 10. Mating repeatability test result of 12-fiber ULL MPO connector.

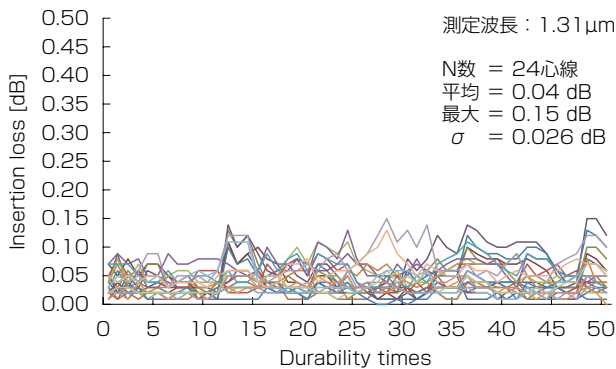


図11 24心ULL MPOコネクタの繰り返し着脱試験結果
Fig. 11. Mating repeatability test result of 24-fiber ULL MPO connector.

1.31 μmである。

12心ULL MPOコネクタに対して50回の繰り返し着脱を行った際の挿入損失は平均0.04 dB、最大0.11 dBであった。24心ULL MPOコネクタに対して50回の繰り返し着脱を行った際の挿入損失は平均0.04 dB、最大0.15 dBであった。いずれもMPOコネクタの繰り返し着脱において、最大0.20 dB以下の低損失特性が安定して保持されることが確認された。従来の低損失MPOで同様の繰り返し着脱を行った場合における挿入損失は最大0.35 dB程度であることから、今回開発したULL MPOが従来の低損失MPOよりも優れた着脱安定性を保持していると言える。

3.5 環境試験結果

開発した12心ULL MPOコネクタおよび24心ULL MPOコネクタに対して、Telcordia規格 (GR-1435-CORE Issue2) に準拠した環境試験を実施した。表1にその試験条件 (Thermal Aging Test, Humidity Test, Thermal Cycle Test, Humidity/Condensation Cycling Test, Dry Out Test) および結果を示し、図12～16に、環境試験中に12心ULL MPOコネクタの挿入損失増加量をモニタリングした結果を示す。すべての試験で試験中の挿入損

表1 12心ULL MPOコネクタおよび24心ULL MPOコネクタの環境試験条件 (Telcordia GR-1435-CORE Issue 2) および結果

Table 1. Environmental test conditions (Telcordia GR-1435-CORE Issue 2) and results of 12-fiber ULL MPO connector and 24-fiber ULL MPO connector.

項目	試験条件	規格	結果	
			12心 ULL MPO	24心 ULL MPO
Thermal Aging Test	85℃, 7日	挿入損失増加量 0.3 dB以下	≤0.12 dB	≤0.14 dB
Humidity Test	湿度 95%, 75℃, 7日		≤0.08 dB	≤0.11 dB
Thermal Cycle Test	-40～75℃, 21サイクル		≤0.24 dB	≤0.20 dB
Humidity/Condensation Cycling Test	-10～65℃, 湿度 95%, 14サイクル		≤0.06 dB	≤0.13 dB
Dry Out Test	75℃, 1日		≤0.02 dB	≤0.07 dB

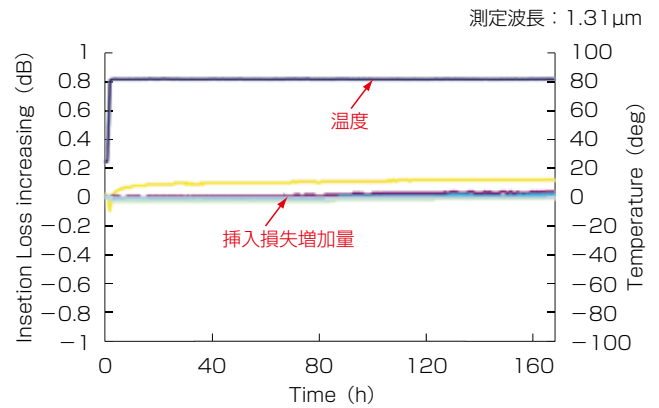


図12 12心ULL MPOコネクタのThermal Aging Test 評価結果
Fig. 12. Results of Thermal Aging Test for 12-fiber ULL MPO connector.

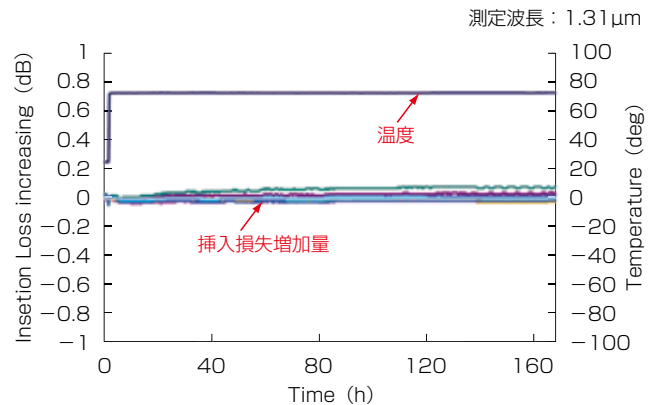


図13 12心ULL MPOコネクタのHumidity Test 評価結果
Fig. 13. Results of Humidity Test for 12-fiber ULL MPO connector.

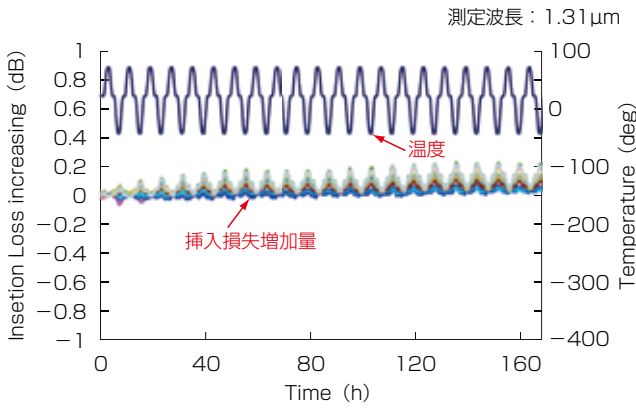


図14 12 心ULL MPOコネクタの Thermal Cycle Test 評価結果
Fig. 14. Results of Thermal Cycle Test for 12-fiber ULL MPO connector.

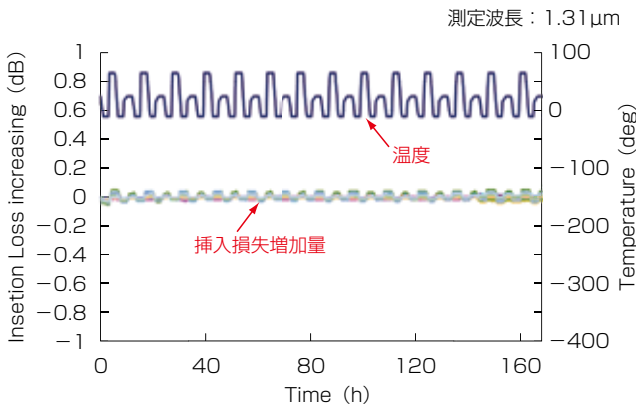


図15 12 心ULL MPOコネクタの Humidity/Condensation Cycling Test 評価結果
Fig. 15. Results of Humidity/Condensation Cycling Test for 12-fiber ULL MPO connector.

失増加量が 0.3 dB 以下であり, Telcordia 規格を満足した。

3. 6 機械試験結果

Telcordia 規格 (GR-1435-CORE Issue 2) に準拠した機械試験を実施した。表 2 にその試験条件 (Vibration Test, Flex Test, Twist Test, Transmission w/load Test, Impact Test, Durability Test) および結果を示す。すべての試験で挿入損失増加量が 0.3 dB 以下であり, Telcordia 規格を満足した。

4. む す び

コネクタの繰り返し着脱において高い着脱再現性を有し, 超低損失特性を実現した, シングルモード光ファイバ用 Ultra Low Loss (ULL) MPO コネクタの開発を行い,

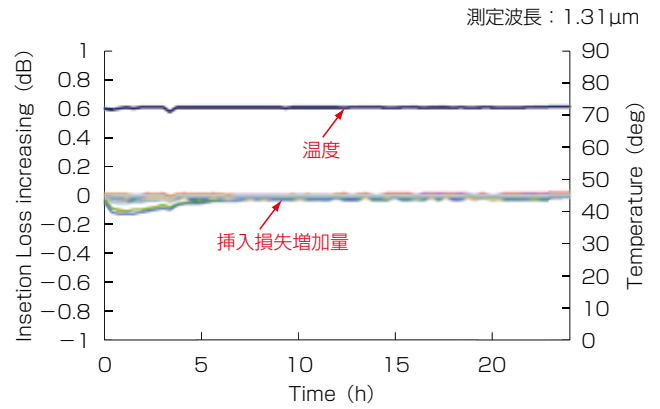


図16 12 心ULL MPOコネクタの Dry Out Test 評価結果
Fig. 16. Results of Dry-out Test for 12-fiber ULL MPO connector.

表2 12 心ULL MPOコネクタおよび 24 心ULL MPOコネクタの機械試験条件 (Telcordia GR-1435-CORE Issue 2) および結果

Table 2. Mechanical test conditions (Telcordia GR-1435-CORE Issue 2) and results of 12-fiber ULL MPO connector and 24-fiber ULL MPO connector.

項目	試験条件	規格	結果	
			12 心 ULL MPO	24 心 ULL MPO
Vibration Test	10-55 Hz, 3-axis 2 h	挿入損失増加量 0.3 dB 以下	≦0.05 dB	≦0.08 dB
Flex Test	2.2 N, 100 cycles		≦0.07 dB	≦0.12 dB
Twist Test	2.2 N, 10 cycles (±1 revolutions)		≦0.03 dB	≦0.08 dB
Transmission w/load Test	0° : 2.2 N 90° : 2.2 N	挿入損失増加量 0.5 dB 以下	≦0.08 dB	≦0.18 dB
Impact Test Durability Test	1.5 m, 8 times 50 times	挿入損失増加量 0.3 dB 以下	≦0.05 dB	≦0.06 dB
			≦0.11 dB	≦0.14 dB

優れた特性を確認した。この光コネクタの技術を基礎とし, 更なる多心化, 高密度化された超低損失多心光コネクタへの展開が期待できる。

参 考 文 献

- 1) S. Kato et al., "Condition for making physical contact of multi mode 2D MPO connector," 59th IWCS, 2010.
- 2) S. Kanno et al., "Short size and low-loss MPO connector for high-density optical interconnection applications," 66th IWCS, 2017.
- 3) T. Otomitsu et al., "Ultra low loss (ULL) MT connector for high density optical connector," 67th IWCS, 2018.