

4K, 8K 超高精細映像機器間接続用多心光コネクタ

光機器コンポーネント事業部 菅野修平¹・加藤誠司²・西村顕人³・瀧澤和宏⁴

Multi-fiber connectors for high-definition video equipment

S. Kanno, S. Kato, A. Nishimura, and K. Takizawa

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。放送業界においても、映像の高精細化にともない、映像機器間を多心光コネクタにて一括で接続するという要求が出てきている。当社では、光ファイバ通信用多心光コネクタとして実績のあるMPOコネクタの技術を応用し、超高精細映像機器間接続用多心光コネクタを開発した。本光コネクタは、映像機器間接続に現行用いられている電気コネクタであるBNCコネクタと接続方法及びサイズがほぼ同様であり、現行品と同様に使用することが可能である。本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及び機械特性も満足しており、更に映像機器間接続で要求される繰り返し着脱特性において高い耐久性を実現した。

Demands for multi-fiber connectors in optical access network and optical interconnection are growing. In the broadcasting industry, as video equipment advances towards high-definition technology, the demand for multi-fiber connections between devices in studio equipment increases as well. By applying similar technology used in MPO connectors, we have developed a multi-fiber connector (Optical BNC connector) that will be widely used to connect sets in the studio equipment. The connecting method and size of the newly developed connector are similar to the existing BNC connector used in the studio equipment. Additionally, the new optical BNC connector satisfies both environmental and mechanical requirements suited for optical access networks and optical interconnection. Notably, the durability against a high number of repeated connection matings has been proved.

1. ま え が き

インターネットの拡がり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。放送においても映像の高精細化が進んでおり、2014年6月からは、4Kの試験放送が実施されている。さらに、2020年の東京オリンピックでの放送をめざし、8Kの超高精細映像放送に向けた研究開発も進んでいる。これらを背景に4K、8K番組制作用の放送スタジオ機器間インターフェースの光化が必要となっており、標準化も進んでいる¹⁾。

このような背景において、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、光ファイバ通信用多心光コネクタとしてMPOコネクタを開発、製品化し、実績を上げてきた^{2) 3) 4)}。さらに、現在のMPOコネクタは、技術の向上により、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。放送業界で使用されるコネクタにおいては、

これらMPOコネクタの基本特性に加え、繰り返し着脱特性や引張り強度等における高い耐久性および防水性が求められる。

上記のような要求に対し、当社では、MPOコネクタの技術を応用し、4K、8K超高精細映像機器間接続用多心光コネクタ（以下映像機器接続用多心光コネクタ）を開発したので報告する。

2. 構 造

2.1 コネクタ構造

図1に当社で開発した映像機器接続用多心光コネクタの外観構造を示す。本コネクタは、ARIB STDB 58 1.0 版

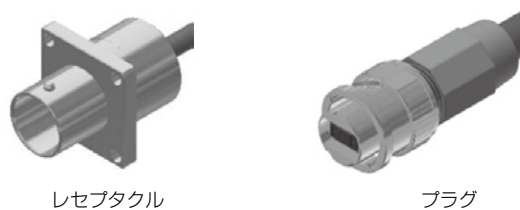


図1 映像機器接続用多心光コネクタ
Fig. 1. Multi-fiber connector for video equipment.

1 光機器開発部
2 光機器開発部係長
3 光機器開発部グループ長
4 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よりも簡易的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。
BNC	Bayonet Neill Concelman	同軸ケーブルを接続するためのコネクタの一種。
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses	一般社団法人 電波産業会
IP 67	International protection 67	IECおよびJISにて規定されている、機器内への異物の侵入に対する保護の等級の一種。

で標準化され、この映像機器接続用多心光コネクタを用いることで 100 Gbps を超える非圧縮 8 K 伝送が可能となる。24 心のマルチモード光ファイバをプラグ-レセプタクル方式により一括で接続可能としている。

また、本映像機器接続用多心光コネクタのかん合構造は、既存の電気BNCコネクタと同様のバヨネットロック構造を用いており、操作性は電気BNCコネクタと同等である。

本映像機器接続用多心光コネクタはこれまで当社で開発してきたMPOコネクタの設計思想及び作製技術をベースとしており、図 2 に示すとおり、レセプタクル、プラグ共に内部にMTフェルールを実装している。そのため、MPOコネクタと同様に同一構造で更に多い心数の光ファイバを一括で接続する光コネクタへの発展も可能である。

さらに、既存のMPOコネクタと異なり、プラグ、レセプタクルいずれも外部ハウジングを金属 (SUS) で作製しているため、大幅な耐久性向上が達成できている。

2.2 かん合性

本映像機器接続用多心光コネクタは、使用する上で、繰り返し着脱が多いことが想定されるため、2.1 で述べたように外部ハウジングをレセプタクル、プラグ共に金属製とする他に、光コネクタかん合時に、内部のMTコネ

クタ同士のかん合安定性を考慮した設計としている。

MTコネクタ同士のかん合安定性は、かん合時におけるコネクタ同士の摺り合わせ長 (プラグがレセプタクルに挿入され始めてから、レセプタクル内MTのかん合ピンがプラグ内MTのかん合孔に挿入される直前までに動く距離) に大きく依存することが知られている。コネクタ同士のかん合において、内部MTのかん合方向に対する傾きが大きいと、ピン無側のかん合孔がピン有側のかん合ピンによって損傷を受けやすくなり、コネクタの耐久性が低下する。かん合時の摺り合わせ長を長く設計することで、内部MTの傾きが抑えられ、MTコネクタ同士のかん合安定性が増すため、コネクタの繰り返し着脱による耐久性を向上させることが期待できる。

図 3 に既存のMPOコネクタと本映像機器接続用多心

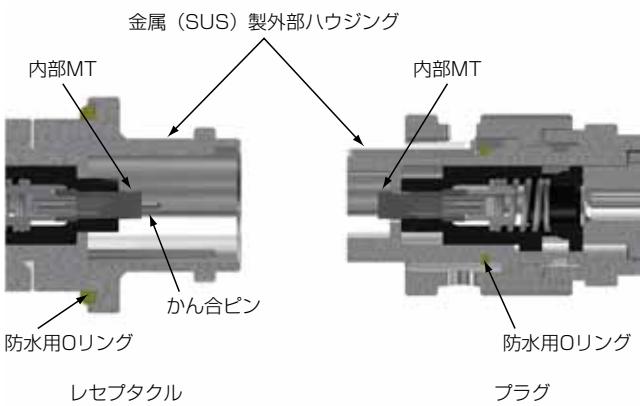


図2 映像機器接続用多心光コネクタの構造
Fig. 2. Structure of multi-fiber connector for video equipment.

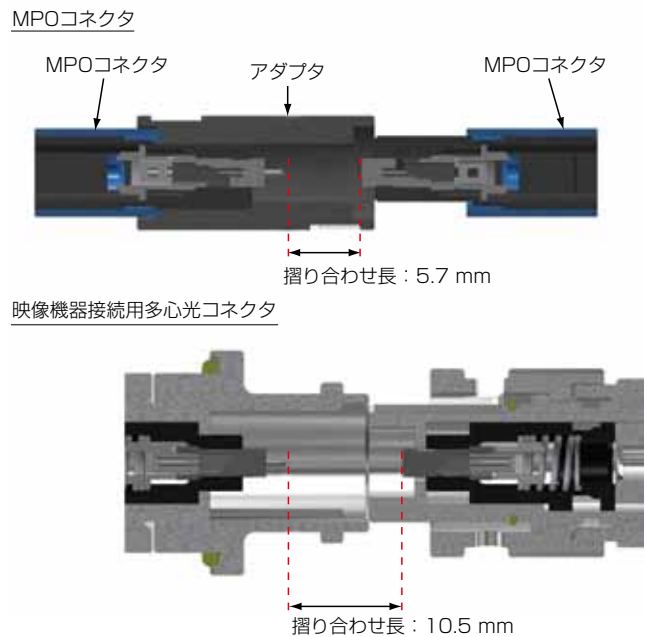


図3 MPOコネクタと映像機器接続用多心光コネクタとのかん合時摺り合わせ長の比較
Fig. 3. Comparison of mating distance between MPO connector and multi-fiber connector for video equipment.

光コネクタにおける、かん合時の摺り合わせ長を比較した模式図を示す。既存のMPOコネクタは、MPOコネクタ同士をアダプタを介してかん合させる方式であり、その摺り合わせ長は5.7 mmである。これに対して、本映像機器接続用多心光コネクタは摺り合わせ長を10.5 mmまで長くした設計となっている。これにより、レセプタクルとプラグにおける内部MT同士のかん合安定性が向上し、既存のMPOコネクタと比較して、繰り返し着脱による耐久性の飛躍的な改善を達成した。

また、上記の嵌合シーケンスにおけるレセプタクル側インターフェースの寸法は、ARIB STDB 58 1.0 版にて標準化された。

2.3 防水性

放送装置の場合、屋外での使用も考えられるため、防水性が要求される。映像機器接続用多心光コネクタは、図2に示すとおり、レセプタクル、プラグ共にハウジング内部にOリングを実装し、かん合時においてIP67の規格を満たす防塵・防水性を達成する設計としている。これによって、コネクタかん合部は水・切削油・粉塵などの浸入を防止することが可能である。

2.4 コネクタの小型化

本映像機器接続用多心光コネクタは、24心を1コネク

タでかん合できるように設計されており、そのサイズは、電気BNCコネクタより外径が約2 mm大きくなるだけの小型化を達成している。

すなわち、ほぼ同等なコネクタのサイズにて、電気BNCコネクタ24個分を、映像機器接続用多心光コネクタ1個分のサイズで達成している。

2.5 使用ケーブルの特徴

映像機器接続用多心光コネクタのプラグ側は、装置外で使用されることになるため、プラグ側に使用されるケーブルには、耐久性および使用時の取り回しのしやすさが求められる。本映像機器接続用多心光コネクタにおけるプラグ側のケーブルは、既存製品である当社のMPOコネクタ付パッチコードに使用されているケーブルに比べ、より高い柔軟性を有した特殊ケーブルを使用しており、耐久性および使用時の取り回しのしやすさにおいて、高い優位性をもった設計となっている。

2.6 その他構造の特徴

多心光コネクタの場合、かん合時に互いの内部MTの向きを正しく合わせる必要がある。本映像機器接続用多心光コネクタは、図4に示すとおり、レセプタクル側に3つのキー、プラグ側にそのキーに対応するスリットを設けており、かん合時に正しいコネクタの向きになるだ



図4 映像機器接続用多心光コネクタの内部キー構造
Fig. 4. Internal key structure of multi-fiber connector for video equipment.

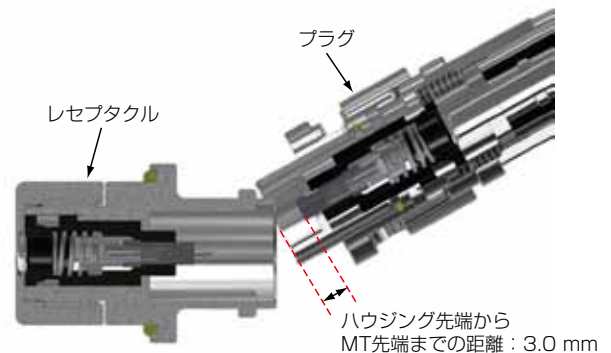


図5 プラグ側内部MTの干渉防止設計
Fig. 5. Designed to prevent interferences between MT ferrules during connecting.

表1 映像機器接続用多心光コネクタの各種評価試験結果
Table 1. Evaluation results of multi-fiber connector for video equipment.

No.	項目	N数	参考規格	試験条件	規格	結果
1	接続損失 (IL)	N=10	ARIB STD-B 58 1.0 版	レセプタクルとプラグとの ランダム接続測定 (測定波長: 850 nm)	≤0.75 dB	≤0.25 dB
2	繰り返し着脱	N=10		5,000 回	IL 変動 ≤0.3 dB	IL 変動 ≤0.16 dB
3	接合部接続強度	N=10		250 N		IL 変動 ≤0.23 dB
4	反射減衰量 (RL)	N=10	Telcordia GR-1435-CORE Issue 2	レセプタクルとプラグとの ランダム接続測定 (測定波長: 850 nm)	20 dB ≤	25.1 dB ≤
5	耐振動	N=10		10 ~ 500 Hz, 振幅 1.5 mm	IL ≤1.0 dB	IL ≤0.17 dB
6	耐衝撃	N=10		1.5 m, 8 回		IL ≤0.20 dB

けでなく、コネクタかん合時の作業性も考慮した設計となっている。

また、放送機器のコネクタ接続の場合、かん合部が死角となり手探りでコネクタ接続を行う場合が考えられる。このため、コネクタ接続時に光コネクタ端面を機械的に損傷しない様に配慮する必要がある。図 5 に示すとおり、プラグ側の外部ハウジング先端から内部MT先端までの距離を 3.0 mm 以上とすることで、レセプタクル側とのかん合の際に、レセプタクルの外部ハウジングがプラグ側の内部MTと干渉しないような設計としている。これにより、コネクタ接続の際、かん合部が死角にある場合もかん合位置の目視確認が不要となり、かん合時のフェルール端面損傷事故を防止することが可能である。

3. 評価結果

表 1 に本映像機器接続用多心光コネクタにおける各種評価試験結果の一覧を示す。ARIB STD-B 58 1.0 版のコネクタ要求仕様に準拠した評価と従来のMPOコネクタで

要求されている評価試験を行っており、いずれも規格を満足する良好な結果を得ている。

3. 1 接続損失

図 6 に本映像機器接続用多心光コネクタにおける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マルチモード型光ファイバであり、屈折率整合剤を使用せず、映像機器接続用多心光コネクタのレセプタクルとプラグをランダムに接続した。測定波長は 0.85 μm である。

本映像機器接続用多心光コネクタの接続損失は平均 0.08 dB、最大 0.25 dB であり、規格である 0.75 dB を満足する結果であった。

3. 2 反射減衰量

図 7 に本映像機器接続用多心光コネクタにおける反射減衰量の評価結果を示す。平均 36.3 dB、最小 25.1 dB であり、良好な結果を得た。

3. 3 繰り返し着脱

図 8 に本映像機器接続用多心光コネクタを用いて繰り返し着脱試験を実施した結果を示す。大きな接続損失変動なく、5,000 回のコネクタ着脱が可能であることを確認した。

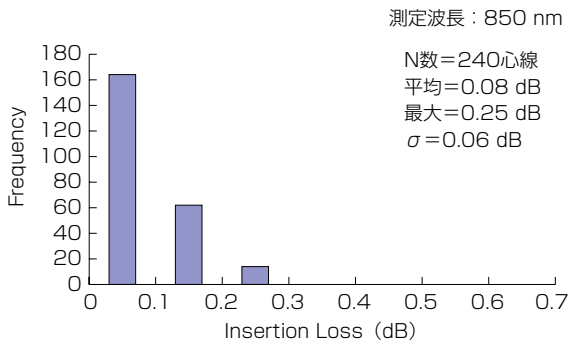


図 6 映像機器接続用多心光コネクタの接続損失
Fig. 6. Connection loss of multi-fiber connector for video equipment.

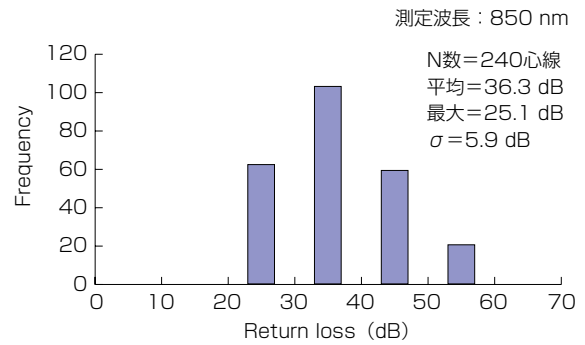


図 7 映像機器接続用多心光コネクタの反射減衰量
Fig. 7. Return loss of multi-fiber connector for video equipment.

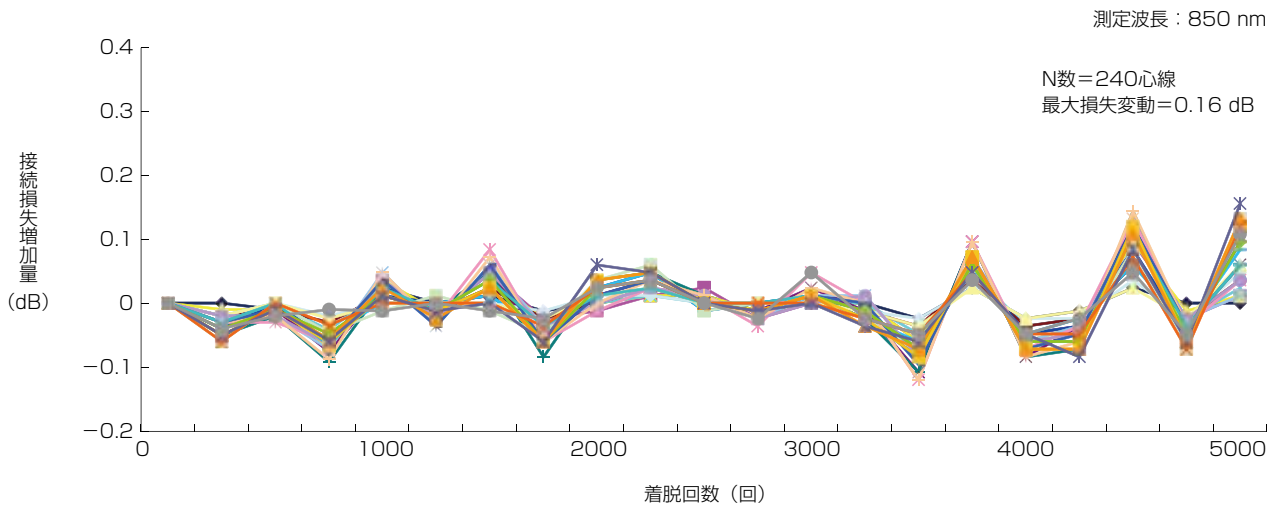


図 8 映像機器接続用多心光コネクタの繰り返し着脱試験による接続損失変動
Fig. 8. Change in connection loss during mating durability test for multi-fiber connector for video equipment.

2.2 で述べたように、内部のMTコネクタ同士のかん合安定性が増す設計としたことにより、通常のMPOコネクタの10倍である5,000回のコネクタ着脱が可能となった。

通常のMPOコネクタの場合、500回以上の繰り返し着脱を行うと、ピン無側MTフェルールのかん合孔がピン有側MTフェルールのかん合ピンによって損傷を受け、図9に示すとおり、ピンあり側MTのかん合孔周りの樹脂が変形してしまう場合がある。この状態になると、コ

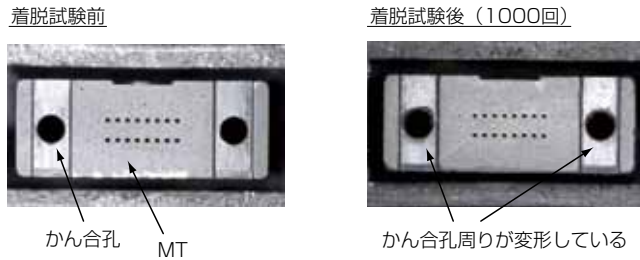


図9 MPOコネクタにおける1000回着脱前後のMT端面写真

Fig. 9. Appearance of MT ferrule of an MPO connector before and after mating durability test (1000 times).

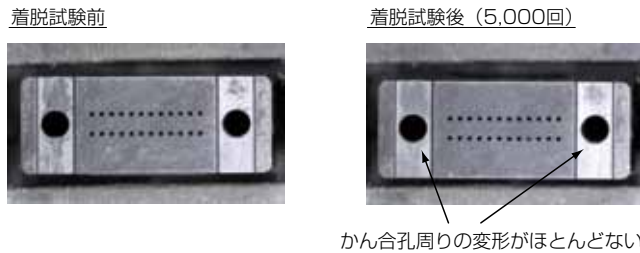


図10 映像機器接続用多心光コネクタにおける5,000回着脱前後のMT端面写真

Fig. 10. Appearance of MT ferrule of a multi-fiber connector for video equipment before and after mating durability test (5000 times).

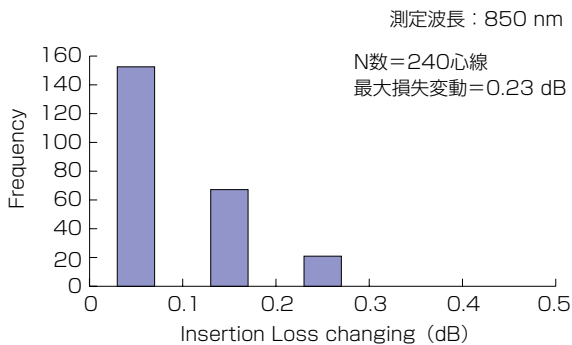


図11 映像機器接続用多心光コネクタの結合部接続強度試験による接続損失変動

Fig. 11. Change in connection loss after Tensile strength test on coupling mechanism of multi-fiber connector for video equipment.

ネクタかん合において対向するコネクタ端面同士に隙間が生じてしまい、適正な接続が妨げられてしまう。図10に本コネクタ5,000回の繰り返し着脱前後におけるコネクタの端面写真を示す。試験後においてMTフェルールのかん合孔周りの変形は起こっておらず、MTフェルール部のかん合安定性が高いことが分かる。

3.4 プラグ側の結合部接続強度試験

図11に本映像機器接続用多心光コネクタの結合部接続強度試験を実施した結果を示す。250 Nの荷重をかけた後の接続損失変動が最大0.23 dBと、良好な結果であった。本映像機器接続用多心光コネクタは、コネクタ内においてケーブルの外被を金属で固定している設計としているため、高い保持力をもたせることが可能となった。

3.5 環境試験結果

Telcordia規格 (GR-1435-CORE Issue 2) に準拠した環境試験を実施した。表2にその試験条件 (Thermal Aging Test, Humidity Test, Thermal Cycle Test) を示し、図12~16に試験結果を示す。すべての試験で試験中の挿入損失が1.0 dB以下であり、Telcordia規格を満足した。

表2 環境試験条件 (Telcordia GR-1435-CORE Issue 2)
Table 2. Environmental test conditions (Telcordia GR-1435-CORE Issue 2).

項目	試験条件	規格
熱劣化試験	85 °C, 7 日	挿入損失 1.0 dB以下
高温高湿度試験	湿度 95 %, 75 °C, 7 日	
温度サイクル試験	-40 ~ 75 °C, 21 サイクル	
高湿度温度サイクル	-10 ~ 65 °C, 湿度 95 %, 14 サイクル	
乾燥試験	75 °C, 1 日	

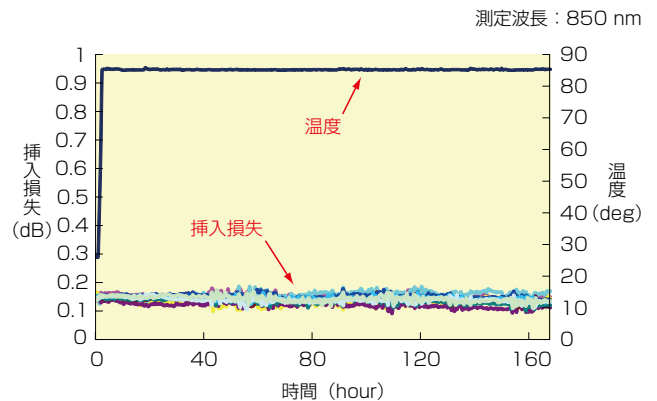


図12 映像機器接続用多心光コネクタの熱劣化試験評価結果

Fig. 12. Results of Thermal Aging Test for multi-fiber connector for video equipment.

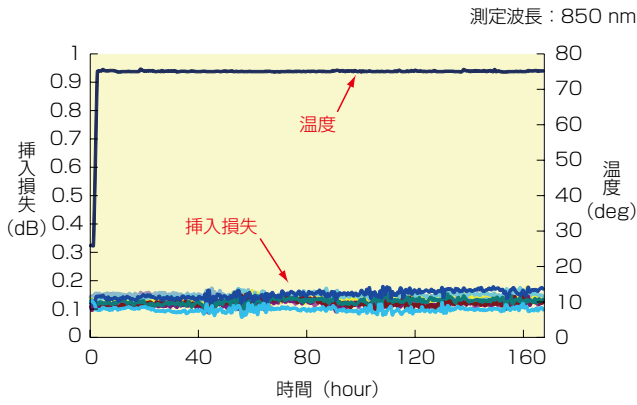


図 13 映像機器接続用多心光コネクタの高温高湿度試験評価結果
Fig. 13. Results of Humidity Test for multi-fiber connector for video equipment.

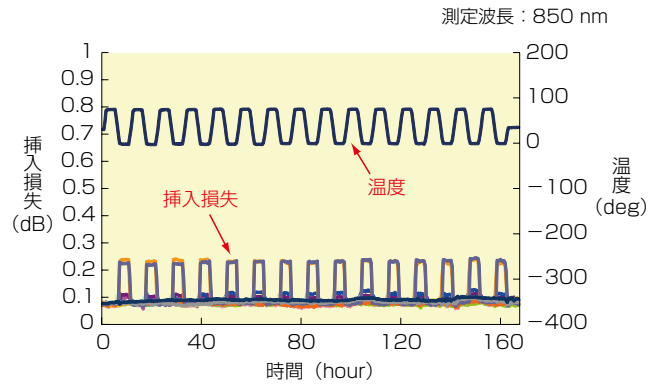


図 15 映像機器接続用多心光コネクタの高湿度温度サイクル試験評価結果
Fig. 15. Results of Humidity/Condensation Cycling Test for multi-fiber connector for video equipment.

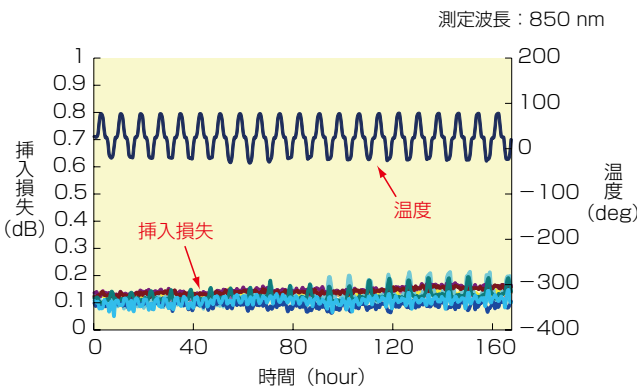


図 14 映像機器接続用多心光コネクタの温度サイクル評価結果
Fig. 14. Results of Thermal Cycle Test for multi-fiber connector for video equipment.

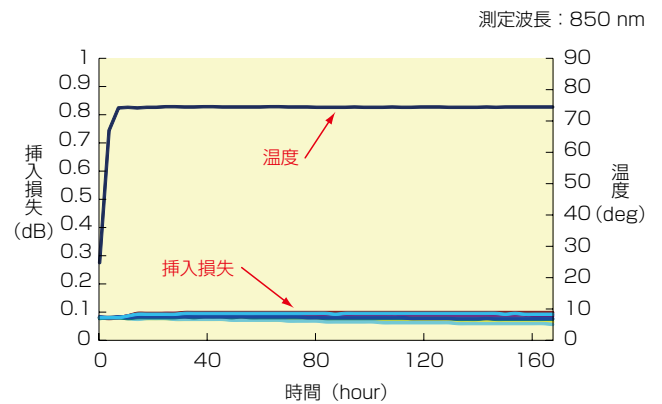


図 16 映像機器接続用多心光コネクタの乾燥試験評価結果
Fig. 16. Results of Dry-out Test for multi-fiber connector for video equipment.

4. む す び

超高精細映像放送の普及に必要な繰り返し着脱性に優れ、高耐久性及び防塵・防水性を有する多心光コネクタの開発を行い、その優れた特性を確認した。

本光コネクタの技術は超高精細映像放送機器用以外の光伝送機器にも適用が可能である。

参 考 文 献

- 1) ARIB規格 STD-B58 http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/2-STD-B58v1_0.pdf
- 2) 加藤ほか：59th IWCS (2010) “Condition for making physical contact of multi mode 2D MPO connector”
- 3) 加藤ほか：NFOEC (2011) “Relation between Optical Performance and Condition of connector end face of Multi-Mode 2D MPO connector”
- 4) 加藤ほか：61th IWCS (2012) “Compact size backplane optical connector”