

LC 型に対応した通信光可視化コネクタ

Visual Connection Identifier for LC Type Connector

鈴木 香菜子*
Kanakō Suzuki

小島 正嗣*
Seiji Kojima

大越 幹夫*
Mikio Ohkoshi

中谷 佳広*
Yoshihiro Nakatani

佐藤 高宏*
Takahiro Sato

西川 貴雄**
Takao Nishikawa

鈴木 智之**
Toshiyuki Suzuki

末岡 鉄也**
Tetsuya Sueoka

光ファイバーの変更や廃止作業の効率化を目的として、回線の運用状態を簡単に判別でき、北米などで主流の LC2 心型に対応した通信光可視化コネクタを開発した。特殊 GI 光ファイバーを使用することにより、損失 0.43 dB、反射減衰量 -40 dB 以下を達成した。さらに、実際に使用する 10 Gbps の通信信号を BER (Bit Error Rate: ビットエラー率) で評価し、信号劣化の無いことを確かめた。また、LC2 心型コネクタ用の検知器も新たに開発し、通信光検知感度 -22.8 dBm と実際に通信で用いられる最低光量 -20 dBm 以下で検知できることを確認した。

To address the need for efficient installation work such as removal and, MACs (Moves, Adds and Changes) of optical fiber, we have developed new technologies for the easy recognition of the operating status of optical telecommunication line that allows the installation work to be completed swiftly. We have developed LC duplex optical visual connection identifiers which are a major component in the data center in the USA. With optimized GI optical fiber, an attenuation of 0.43 dB and return loss of less than -40 dB are achieved. Furthermore no degradation of BER as a 10 Gbps data signal is confirmed. Also we have developed a detector for the LC duplex optical visual connection identifier which has excellent performance with -22.8 dBm detection sensitivity and less than the minimum communication optical power of -20 dBm.

● Key Word : 通信光可視化, LC 型コネクタ, 光判別
● Production Code : VCI

● R&D Stage : Development

1. 緒言

通信分野では、高速・大容量伝送が可能な光ファイバーが主流となり、さらなる発展が期待されている。これに伴い、特に、データセンターや局舎などの光通信関連設備では、光ファイバーの撤去や更新、増設などの工事が頻繁に行われるようになってきた。

このような光通信関連設備の光ファイバーを伝送する通信光は、可視光ではないため、目視にて確認することができない。そのため、光伝送路の運用状態が容易に把握できず、判定に時間がかかっていた。さらに使用している光伝送路の光コネクタを、誤って抜いてしまうヒューマンエラーなどの懸念もあり、光通信関連設備における未使用の光ファイバーを有効に活用することができないといった問題があった^{1), 2)}。

そこで、著者らは、2008 年から通信状態を目視にて簡

単に確認できる SC (Square Connector) 型対応の通信光可視化コネクタを開発し、2011 年に製品化した^{3), 4)}。SC 型対応の通信光可視化コネクタは、両端研磨が施されたスタブフェルールにファイバーを切断する溝を設け、溝内に屈折率整合樹脂を充填し、溝部から漏れた光を検知して通信状態の有無を判別するものである。この通信光可視化コネクタを北米、東南アジアなど海外へ拡販するために、汎用のシングルモードファイバーに比べて、光を伝送するコア径が大きいマルチモードファイバー用の、LC (Local Connector) 2 心型通信光可視化コネクタを開発した。LC フェルールに 2 種類の特性が異なるファイバーを融着して、融着部から通信光の一部を取り出し、受光した光を電気信号に変換し、LED (Light Emission Diode) を光らせることで通信状態を目視にて確認する。

本報告では漏れ光を発生させるための光ファイバーの選定、選定した光ファイバーを用いた LC2 心型対応の通信

* 日立金属株式会社 電線材料カンパニー
** NTT コミュニケーションズ株式会社

* Cable Material Company, Hitachi Metals, Ltd.
** NTT Communications Corporation

光可視化コネクタの損失、反射減衰量等の光学特性、通信信号への影響、およびLC2心型コネクタに対応した光判別器の通信感度特性について検討を行った結果について述べる。

2. 通信光可視化コネクタと光判別器の目標性能

表 1 に開発した LC2心型通信光可視化コネクタと光判別器の基本性能目標を示す。コネクタの目標性能は JIS C 5961 (光ファイバコネクタ試験方法) に準拠した値とした。光コネクタ内部に用いるファイバーは、マルチモードファイバーでコア径 50 μm 、クラッド径 125 μm の GI (Graded Index) ファイバーとした。光コネクタの接続損失は VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) 光源 ($\lambda = 850 \text{ nm}$) 使用時に 0.5 dB 以下、反射減衰量は 20 dB 以上、温度サイクル試験中の損失変動が 0.3 dB 以下、温度範囲は $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ である。光判別器は、判別手段は目視で確認できるように LED 等による色別判定、寸法は手で持ちやすく作業性に優れていること、電源電圧は 3 V、受光レベルは $-20 \text{ dBm} \sim +10 \text{ dBm}$ 、使用温度範囲は $-10^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ (保存温度範囲 $-20^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$)、さらに、SC 型通信光可視化コネクタにも使用できることである。

表 1 LC2心型コネクタ通信光可視化コネクタと光判別器の目標性能
Table 1 Target specifications of visual connection identifier for duplex LC type and optical distinction

開発品	項目	目標性能	備考
通信可視化コネクタ	接続損失	$\leq 0.5 \text{ dB}$	入射波長 $\lambda = 850 \text{ nm}$
	反射減衰量	$\geq 40 \text{ dB}$	入射波長 $\lambda = 850 \text{ nm}$
	環境試験	$\leq 0.3 \text{ dB}$ (損失変動)	温度サイクル試験： $-40 \sim 85^{\circ}\text{C}/10$ サイクル 高温高湿試験： $85^{\circ}\text{C} \cdot 85\%/100\text{h}$
	伝送特性	コネクタ接続前と変化なきこと	BER 測定
	使用温度範囲	$-40 \sim 70^{\circ}\text{C}$	—
光判別器	判別手段	色 (LED)	—
	外径寸法	持ちやすいこと	—
	電源電圧	3 V	—
	受光レベル	$-30 \sim +10 \text{ dBm}$	—
	使用温度範囲	$-10 \sim 50^{\circ}\text{C}$	保存温度範囲： $-20 \sim 60^{\circ}\text{C}$

図 1 に SC 型通信光可視化コネクタと、開発した LC 型通信光可視化コネクタの内部構造を示す。SC 型通信光可視化コネクタは、SC 用の両端研磨が施された外径 2.5 mm のスタブフェルールにファイバーを切断する溝を設けている。溝内には屈折率整合樹脂を充填しており、溝部から漏れた光の一部を PD (PhotoDiode) で検知して電気信号に変換し、LED を発光させ通信光の有無を判別する。

開発した LC 型通信光可視化コネクタは、LC 用の片端研磨が施された外径 1.25 mm のフェルールを用いている。フェルール外径が小さいことから、SC 型のように溝を形成することが困難なため、特性が異なる 2 種類のファイバー融着部から微小な漏れ光を発生させ、漏れ光の一部を検知している。開発した LC 型通信光可視化コネクタは SC 型に比べ、接続点が 1 カ所少ないことから低損失とな

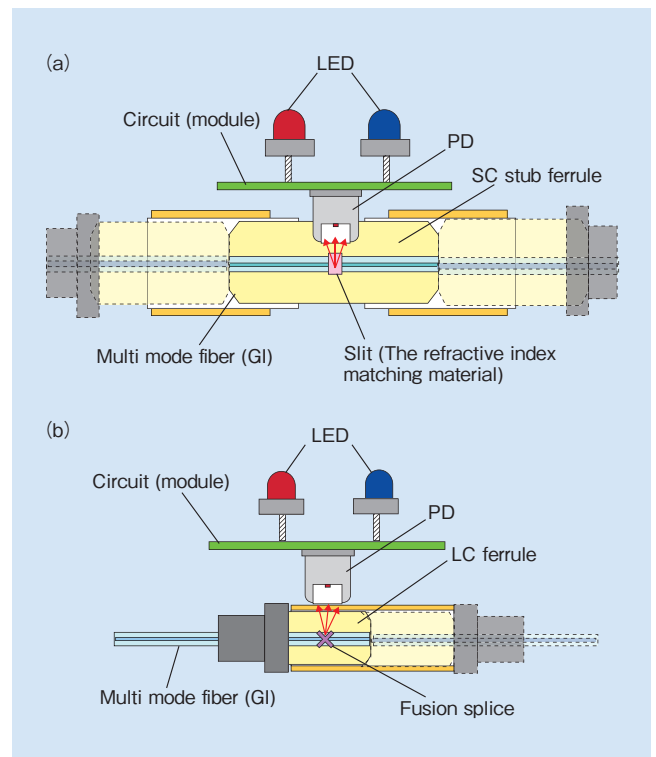


図 1 通信光可視化コネクタの内部構造 (a) SC 型 (b) LC 型
Fig. 1 Structure of visual connection identifiers (a) SC type (b) LC type

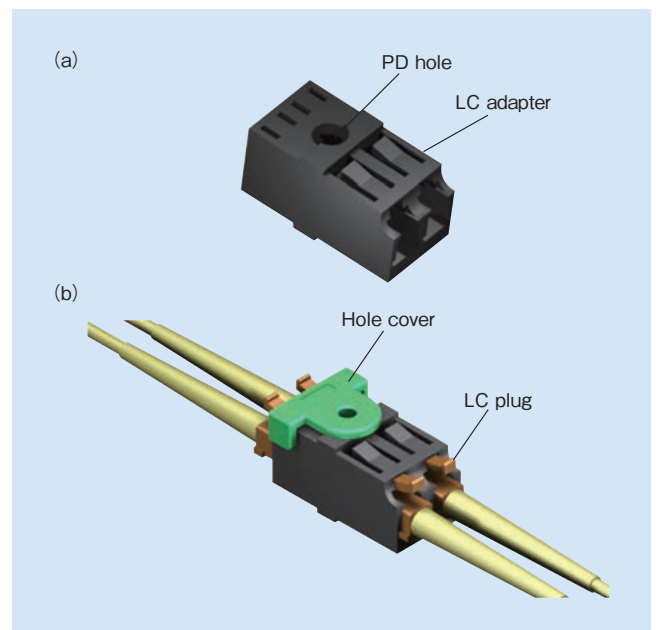


図 2 LC 型通信光可視化コネクタの外観構造
(a) 可視化コネクタ本体 (b) 光ファイバーを取り付けた状態
Fig. 2 Appearance of visual connection identifiers for LC type
(a) body (b) body with optical fiber

り、外径が小さいため高密度化を実現することができる。また、漏れ光発生方法が、溝構造から融着構造に変わることによって、高信頼性化も可能となる。LC 型通信光可視化コネクタの実現に向け、融着用ファイバーの選定および融着条件の検討を行った。

図 2 に LC 型通信光可視化コネクタの外観構造を示す。LC2心型コネクタ用光アダプタの構造であり、コネクタの

中央には、漏れ光の一部を検知するためのPD挿入用孔を設け、必要な時に開閉できるようにカバーを付けている。

図3に光判別器の外観構造を示す。通信光の一部を受光するためのPDと判別結果を表示するLEDを備えている。SC型、LC型いずれの通信光可視化コネクタにも対応するため、PD設置面側には、磁石で簡単に取り外し可能なアタッチメントが取り付けられている。SC型コネクタ測定時はアタッチメントを取り付けた状態でコネクタ側PD孔に設置し、LC2心型コネクタ型測定時はアタッチメントを取り外して設置する。コネクタ側PD孔との位置決め機構として、SC型コネクタの場合はPD周辺のアタッチメント部に4本の脚が設けられており、LC2心型コネクタの場合はPD後ろ側に1カ所凸部が設けられている。通信光有無の判別誤作動を防ぐために、SC型可視化コネクタ測定時にはアタッチメントを取り付け、LC2心型可視化コネクタ測定時にはアタッチメントを取り外さなければ検知感度を測定できないよう、位置決め脚の数を変更し、SC型、LC2心型それぞれのコネクタに対応した形状とした。光判別器の大きさは、W27 mm×H36 mm×D32 mmとした。

また、判別器後部にはボタン電池収容部があり、簡単に電池交換が可能な形状とし、3V小型ボタン電池で連続使用時間300時間を達成している。

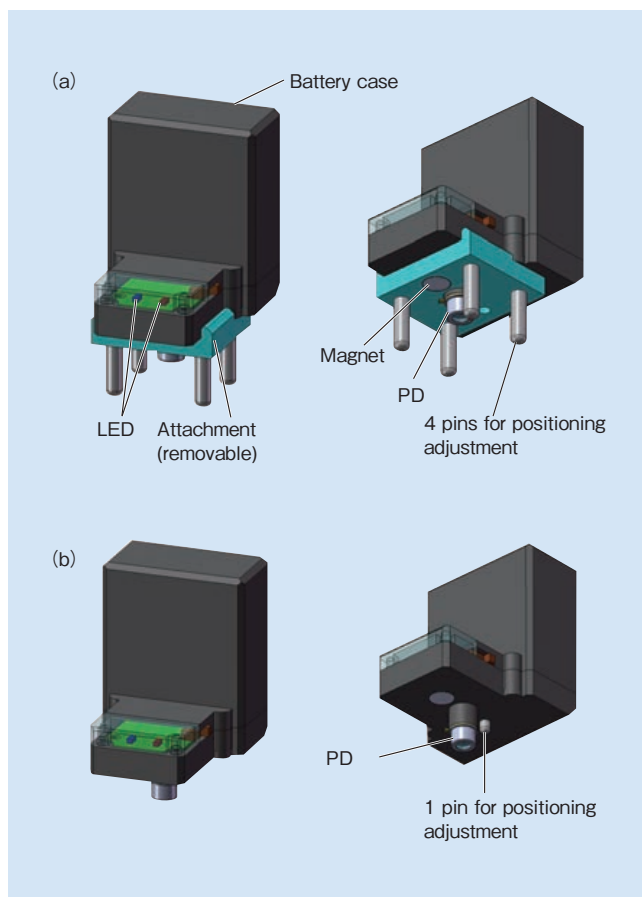


図3 光判別器の外観構造

(a) SCコネクタ測定時 (b) LCコネクタ測定時

Fig. 3 Appearance of optical distinction

(a) SC connector measurement (b) LC connector measurement

3. 光学特性

3.1 漏れ光発生方法検討

コネクタ部から漏れ光を発生させるためには、低損失化および高密度化、そして高信頼性を実現することが課題であった。そこで、高密度実装可能で信頼性の高い融着による漏れ光発生方法を検討した。通常のGIファイバーと、ファイバーの各種構造パラメータ(コア径、クラッド径、屈折率、屈折率分布形状など)を変更したGIファイバー(以下特殊GIファイバーと称す)を融着し、融着部の損失を確認した。3種類の構造パラメータを変更した特殊GIファイバーA, B, Cを用い、融着の放電パワーや放電時間、放電距離などを変更して通常GIファイバーとの融着を実施した。図4に通常GIファイバーと特殊GIファイバーの融着部の損失測定結果を示す。SC型通信光可視化コネクタの損失は平均0.58 dBである。開発中のLC2心型通信光可視化コネクタの光学特性目標仕様は、接続損失0.5 dB以下($\lambda = 850 \text{ nm}$, VCSEL光源使用)であるため、融着部の損失0.3 dBである特殊ファイバーCを用いることと決定した。光検知感度については特殊GIファイバーA, B, Cいずれを使用した場合でも、目標値 -20 dBm 以上を満足することを確認している。

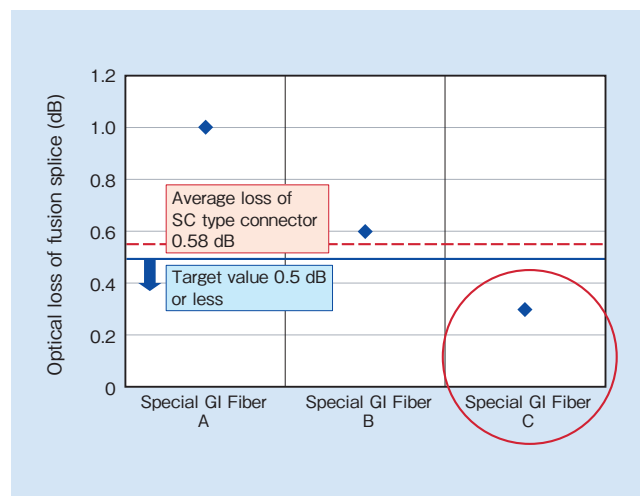


図4 融着部の損失測定結果

Fig. 4 Measurement result of optical loss of fusion splice

3.2 接続損失・反射減衰量

図5に通信光可視化コネクタの接続損失、図6に反射減衰量測定結果を示す。光源は、入射波長850 nmのVCSEL光源を用い、接続損失の測定サンプル数はLCコネクタ端末180サンプル、反射減衰量の測定サンプル数は40サンプルで実施した。接続損失は最大0.43 dB、平均0.27 dBであり目標値である損失0.5 dB以下を満足した。コネクタ内部の光ファイバーの融着条件や特殊光ファイバーのファイバーパラメータを変更することで、さらに低損失化が可能であることを確認している。コネクタ損失と検知感度およびコストを考慮した設計を行った。反射減衰量はすべてのサンプルにおいて40 dB以上であることを確認した。

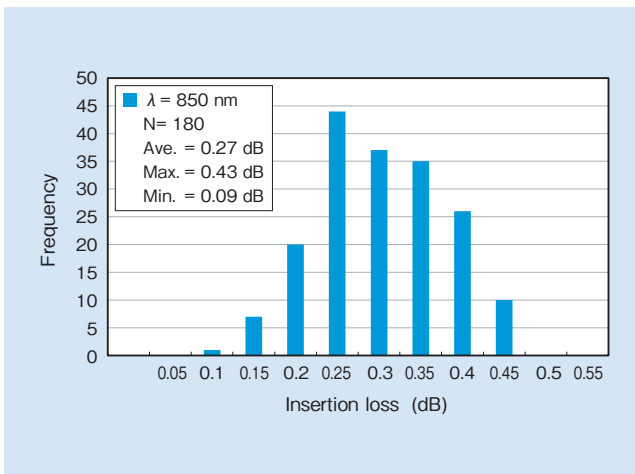


図5 接続損失測定結果
Fig. 5 Measurement result of insertion loss

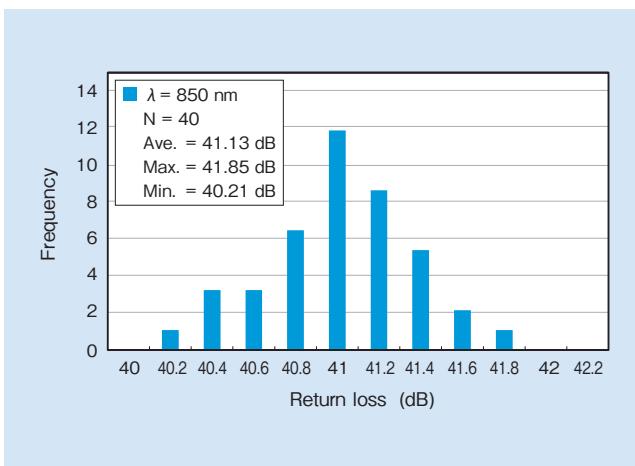


図6 反射減衰量測定結果
Fig. 6 Measurement result of return loss

3.3 環境試験

通信光可視化コネクタの環境試験として、温度サイクル試験および高温高湿試験を実施した。温度サイクル試験は、 $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C} / 10$ サイクル、高温高湿試験は 85°C 、 $85\% \text{ RH} / 100 \text{ h}$ とし、試験中の損失変動を測定した。サンプル数は LC コネクタ 端末 8 サンプルで実施した。図7に結果を示す。温度サイクル試験および高温高湿試験いずれも試験中の損失変動 0.17 dB 以下と良好な結果を得た。

3.4 光検知感度

LC2心型コネクタ用アダプタを用い、通常の LC コネクタと通信光可視化コネクタを接続し、光検知感度を測定した。その際、通信は1心のみとし、もう1心は通信無しの状態とした。なお、光源は波長 850 nm の VCSEL 光源を用い、サンプル数は40個で実施した。検知感度は、目標値 -20 dBm 以上に対して、 -22.8 dBm であることを確認した。検知感度は、使用している PD の受光サイズを変更したり、コネクタ用アダプタの材料を光透過率の良いものに変更することで、さらに感度を向上することも可能である。

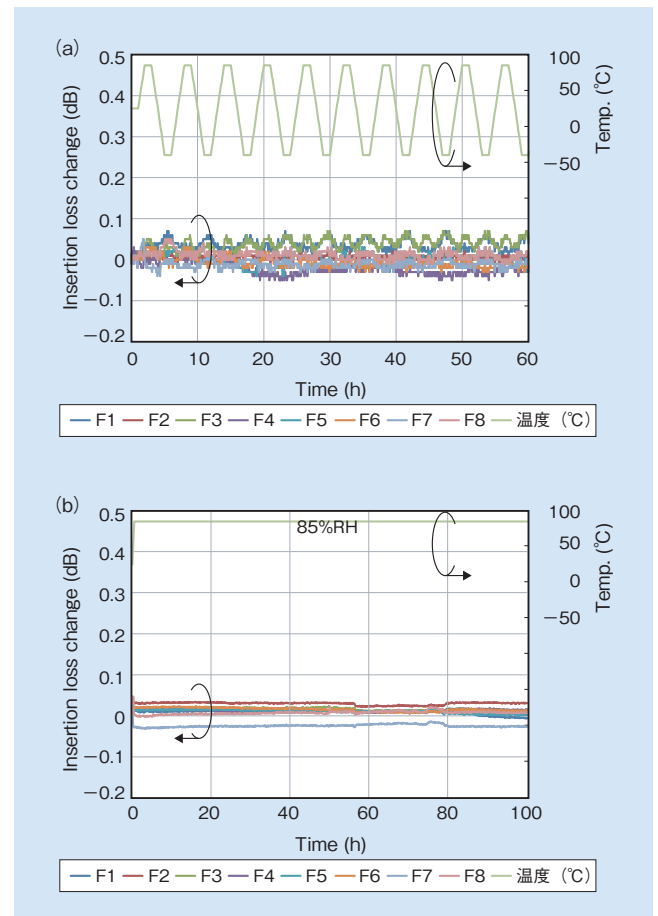


図7 環境試験結果 (a) 温度サイクル試験 (b) 高温高湿試験
Fig. 7 Test result of environment (a) temperature cycling test (b) high-humidity temperature test

4. 伝送特性

図8に 10 Gbps 伝送実験の測定を示す。 10 GbE-SR10 準拠 (IEEE802.3 ba) のトランシーバー (入射波長 850 nm) を用い、可視化コネクタを伝送路に入れない場合と入れた場合の BER を測定した。また、光ファイバーは OM2 の GI ファイバーを使用し、ファイバー長 2 m 、 100 m の場合について比較した。可視化コネクタのサンプル数は8個とした。図9にファイバー長 2 m の時の BER 測定結果、図10にファイバー長 100 m の時の BER 測定結果を示す。

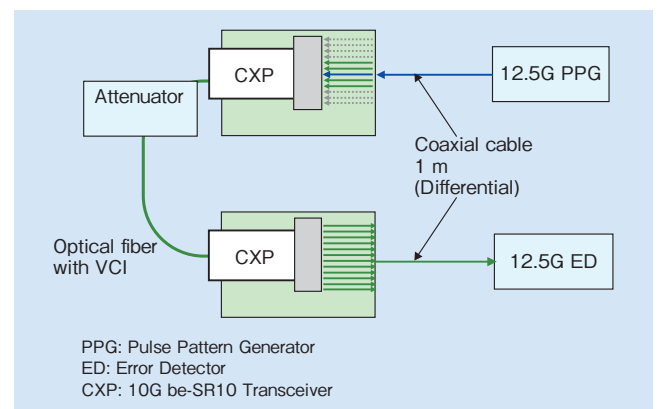


図8 10 Gbps 伝送実験測定系
Fig. 8 Measurement set up for BER of 10 Gbps

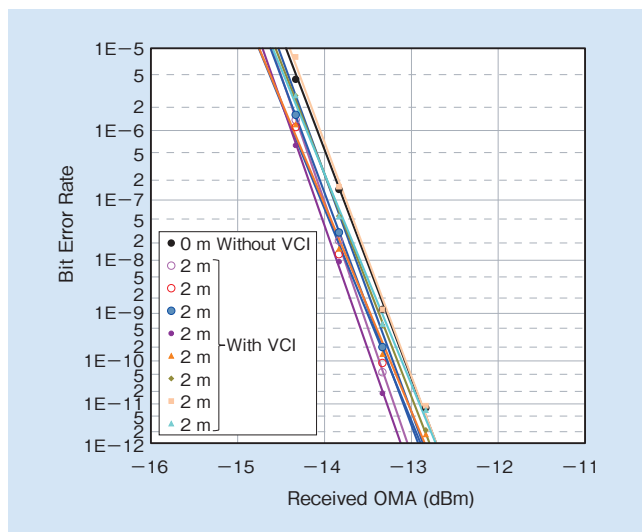


図9 BER測定結果(ファイバー長2 m)
Fig. 9 Measurement result of BER (2 m optical fiber length)

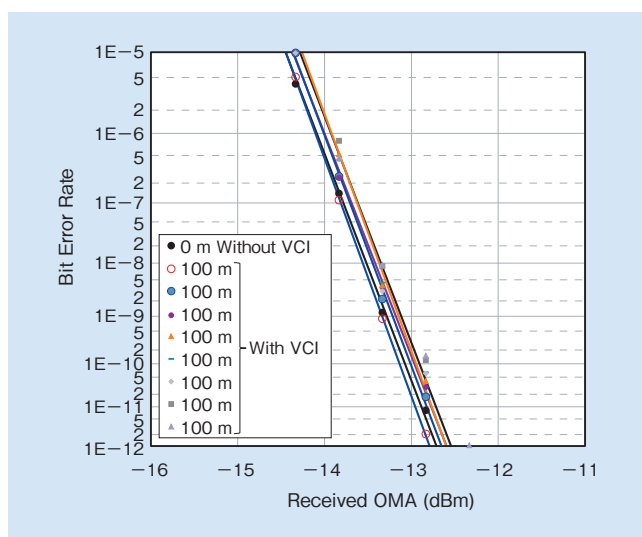


図10 BER測定結果(ファイバー長100 m)
Fig. 10 Measurement result of BER (100 m optical fiber length)

この結果から、ファイバー長によらず、可視化コネクタを伝送路に導入しても伝送特性に劣化が無いことが分かる。

5. 通信光可視化モジュール

開発したLC2心型通信光可視化コネクタを6個(12心)用い、片端に12心MPOコネクタを取り付け通信光可視化モジュールを作製した。図11に19インチラック搭載のLC2心型通信光可視化モジュールを示す。データセンターや光通信設備で一般的に使用されている19インチのラックに形状を合わせ、4個のLC2心型通信光可視化モジュール(48心)を引き出し型トレイに搭載した。19インチラックの1ユニットに引き出しトレイを2段組み込める構成としており、最大96心のLC2心型コネクタを接続することができる。通信光の有無を確認する際は、トレイを引き出して確認したいコネクタに光判別器を設置する。引き出し型にすることで、狭いスペースにより多くのコネクタを収納することができ、高密度化・小型化を実現している。



図11 19インチラック用通信光可視化モジュール
Fig. 11 Module of visual connection identifier (19-inch)

6. 次世代開発品(常時監視モニタリング)

通信光可視化コネクタの次世代型として、常時監視モニタリングシステムの開発を行っている。図12にSC型コネクタの常時監視モニタリングシステムを示す。19インチラックのパッチパネルに12コのSC型通信光可視化コネクタを搭載し、各コネクタに光判別機能を持たせ、通信光の有無の情報をパソコンやタブレットで確認するものである。通信回線の運用状態を、データセンターや光通信設備内のメンテナンスセンター、または手持ちのタブレットなどでいつでもどこにいても、リアルタイムで監視することができる。通信回線の常時監視が可能になることで、作業の効率化を図り、故障エリアをすぐに特定してダウンタイムの時間を大幅に短縮することができ、未使用回線への切り替えも早急に対応可能となる。

現在、SCコネクタの多心型(24心~48心)、2心、単心LCコネクタに対応した常時監視モニタリングシステムについても検討を開始している。

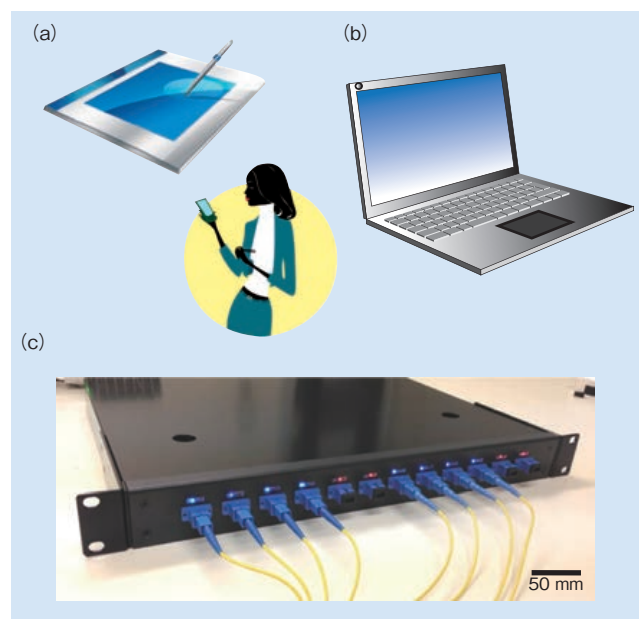


図12 SC型コネクタ常時監視モニタリングシステム
(a) タブレットによる確認 (b) パソコンによる確認
(c) 19インチラックパッチパネル
Fig. 12 Monitoring system for SC type connector
(a) tablet (b) mobile PC (c) 19-inch patch panel

7. 結 言

マルチモードファイバー (GI) に対応した LC2心型通信光可視化コネクタと光判別器を開発し以下の結果を得た。

- (1) 入射波長 850 nm の VCSEL 光源使用時で、接続損失 0.43 dB 以下、反射減衰量 40 dB 以上を満足した。
- (2) 温度サイクル試験、高温高湿試験では損失変動 0.17 dB 以下であることを確認した。
- (3) 光判別器は検知感度 -22.8 dBm 以上となり、使用温度範囲内で問題無く動作し、連続動作 300 時間を達成することを確認した。また、SC 型コネクタ、LC2心型コネクタいずれにも対応できる構造を実現した。
- (4) 伝送特性の確認試験として 10 Gbps の伝送実験を実施し、BER を測定した結果、通信光可視化コネクタ導入前後で、伝送特性に劣化が無いことを確認した。
- (5) 19 インチラックに搭載できる通信光可視化モジュールを作製し、高密度・小型化を可能とした。

本開発品は、光伝送路の接続点で視覚的に回線状況を判別できるため、今後ますます拡充する光ファイバー通信網の見える化や、設備の有効活用、保守業務の効率化への貢献が期待できる。

引用文献

- 1) M.Waki, et al.: Study on improving workability with fiber distribution management system by using visible light communication, IEICE General Conference, (2010), B-10-14.
- 2) T.Kubo, et al.: Temperature Independent In-Line Monitoring Technique by Using 1.3um-Band Chirped QPM-LM Device, IEICE General Conference, (2010), B-10-27.
- 3) Sueoka, et al.: Development and Application of Visual Connection Identifier for Optical Line, IWCS, 59 (2010), p.48.
- 4) Nakatani, et al.: Development of Optical Visual Connection Identifier, IWCS, 59 (2010), p.369.



鈴木 香菜子
Kanako Suzuki
日立金属株式会社
電線材料カンパニー
電線事業部



小島 正嗣
Seiji Kojima
日立金属株式会社
電線材料カンパニー
電線事業部



大越 幹夫
Mikio Ohkoshi
日立金属株式会社
電線材料カンパニー
電線事業部



中谷 佳広
Yoshihiro Nakatani
日立金属株式会社
電線材料カンパニー
電線事業部



佐藤 高宏
Takahiro Sato
日立金属株式会社
電線材料カンパニー
電線事業部



西川 貴雄
Takao Nishikawa
NTT コミュニケーションズ株式会社



鈴木 智之
Toshiyuki Suzuki
NTT コミュニケーションズ株式会社



末岡 鉄也
Tetsuya Sueoka
NTT コミュニケーションズ株式会社