

LC型現場組立光コネクタ (FAST - LCコネクタ)

光ケーブルシステム開発センター 小林 照武・斉藤 大悟・瀧澤 和宏・緒方 和也¹
Fujikura Technology Singapore Pte Ltd. Tan Khee Yen Serin

LC Type Field-installable Optical Connector (FAST-LC Connector)

T. Kobayashi, D. Saito, K. Takizawa, K. Ogata & Tan K. Y. Serin

LCコネクタはデータセンターやエンタープライズ用途で多く利用されている。われわれは、今までに開発してきた現場組立光コネクタの技術を適用し、高密度に実装可能なLC型現場組立光コネクタを開発した。同時に、誰でも簡単に組立作業ができるように組立作業用ファイバ挿入治具を開発した。また新たに従来のかさび部品を改良し、接続作業のさらなる簡素化・経済化に取り組んだ。接続損失をはじめとした光学特性評価、信頼性試験においても良好な結果が得られている。

To expand our range of field-installable optical connectors, we have successfully developed a field-installable LC connector to meet the exponential rise in demand for high-space utilization in the Enterprise and Data Center markets. These connectors exhibit good optical performance and reliable environmental and mechanical characteristics. To improve on the current field installation process, we have also refined the existing wedge unit and developed a fiber insertion tool. These changes not only simplified the field termination process and shortened the time required but also reduced production costs.

1. ま え が き

近年、企業を支えるデータ通信機能やデータセンターの市場は急速に拡大している。光ファイバネットワークの高速データ伝送を提供する機器間の接続にはSCコネクタ、STコネクタ、LCコネクタが一般的に利用されている。なかでもLCコネクタは形状が小型で高密度に実装することが可能なため、限られたスペースに多くの接続が必要なデータセンターにおける機器間の配線接続に多く使われている。しかし、LCコネクタパッチコードを使用した場合にコード収納作業が繁雑であるため、コード収納が不要な現場組立方式のLCコネクタが急速に普及し始めている。また、現場組立式のLCコネクタはネットワークの保守や緊急時の復旧用にも使用されている。

一方、われわれはこれまでFiber To The Home (FTTH) を広く普及させるため、メカニカルスプライス方式を利用して経済性と組立作業性に優れた無研磨無接着方式の現場組立光コネクタを開発し製品化してきた^{1) 2)}。

今回、現場組立光コネクタの技術をLCコネクタに適用し、現地（光ファイバの設置、保守等の接続工事現場）にて組立可能なLC型現場組立光コネクタ (FAST - LC

コネクタ)を開発したので報告する。本コネクタの開発は現場組立コネクタへのLCインターフェースの適用にとどまらず、さらなる組立作業性の向上、経済性の向上にも貢献するものである。

2. LC型現場組立光コネクタの構造

LC型現場組立光コネクタの概略図を図1に示す。本コネクタはこれまでに発表してきた現場組立SCコネクタお

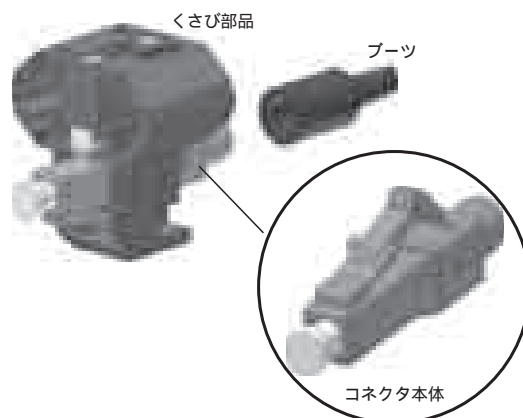


図1 LC型現場組立光コネクタ外觀

Fig. 1. Structure overview of field-installable LC connector.

¹ グループ長

よびSTコネクタ(図2)と同様の構成とし、コネクタ本体およびくさび部品によって構成されている。また、コネクタに加え、組立時にはコネクタへのファイバ挿入を容易にするファイバ挿入治具を組み合わせ使用。コネクタインターフェイスはLCコネクタ標準規格TIA/EIA 604-10A Fiber Optic Connector Intermateability Standard-Type LCに準拠している。以下に主要部ごとに詳細を記述する。

2.1 コネクタ本体

本コネクタ本体の断面構造を図3に示す。先端のコネクタ嵌合部の後部にメカニカルスプライス部があり、コネクタ部にはあらかじめ光ファイバが内蔵、固定されている。当社の現場付けコネクタとしては初めて1.25mmフェルールを採用した。フェルール端面はTelcordia GR-326-COREの端面形状に準拠して高精度に研磨されている。メカニカルスプライス部内の内蔵ファイバ端面には屈折率整合剤を塗布してあり、先端を処理した光ファイバを

コネクタ本体後部から挿入することによって整合剤をかいして内蔵光ファイバに接続し、光ファイバ先端への無研磨・無接着でのコネクタ組立を可能にしている。光ファイバを挿入する際には、あらかじめコネクタに組み込まれているくさびを用いてメカニカルスプライス部を開き、光ファイバ挿入後にくさびを除去してメカニカルスプライス部を閉じることにより、挿入した光ファイバを固定することができる。

メカニカルスプライス部の挿入ファイバ把持構造は、心線径0.25mm把持部に続けて0.9mm把持部を設け、どちらの心線径のものも組み立て可能とした。

また、内蔵光ファイバもシングルモード光ファイバとマルチモード光ファイバの2種類のを準備することで、接続を行う光ファイバの種類、シングルモード光ファイバ、マルチモード光ファイバ(GI50, GI62.5)へ適用可能とした。

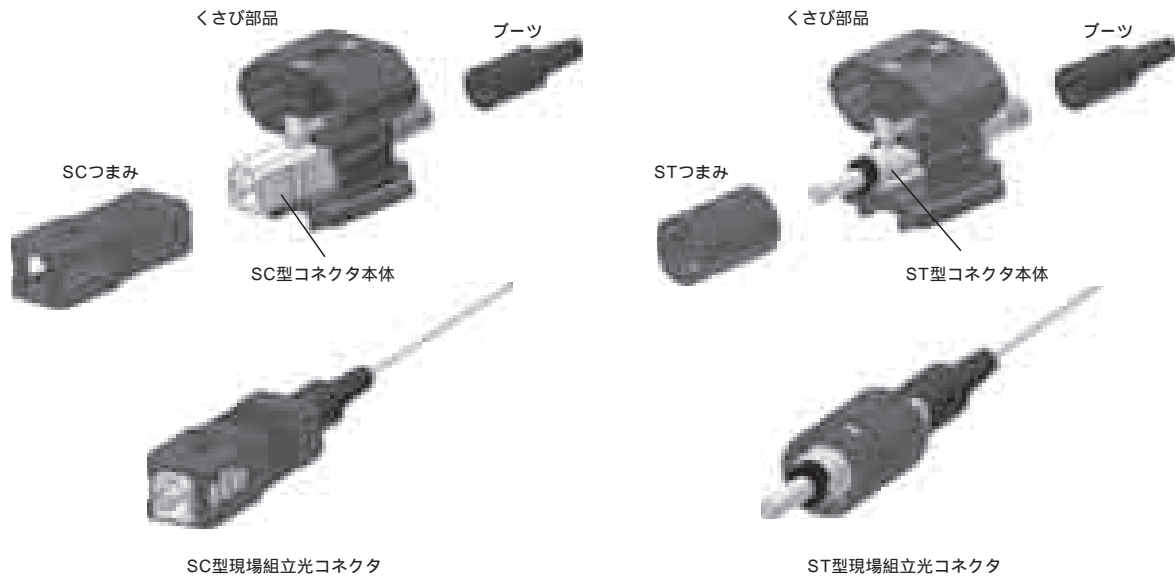


図2 現場組立SCコネクタ・現場組立STコネクタの構成
Fig. 2. Composition of field-installable SC and ST connectors.

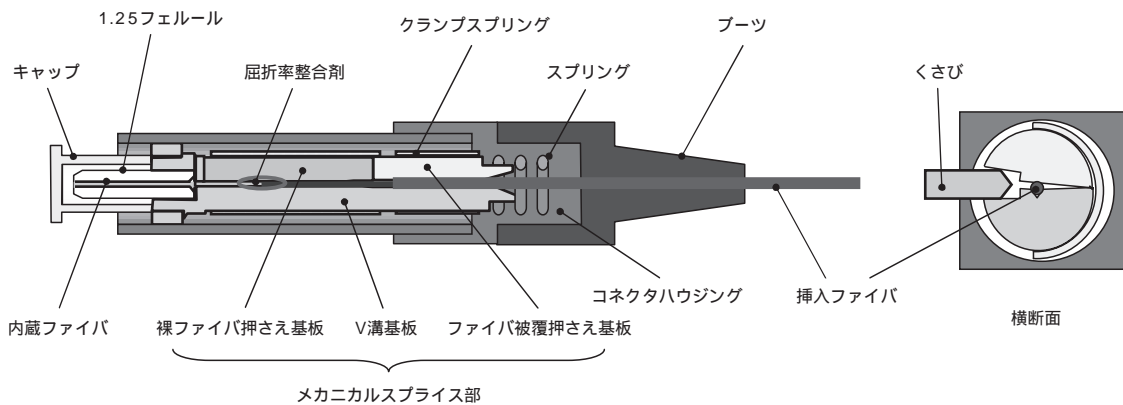


図3 コネクタ本体部断面構造
Fig. 3. Cross section structure of connector main body.

2.2 くさび部品

コネクタ本体のメカニカルプライス部の開閉はくさびの抜き差しによって行う。今まではくさびおよびくさび除去用部品の2部品で構成されていたものを一体化させ、現場組立光コネクタシリーズの共通部品として適用させている。これにより、光ファイバ挿入に必要なメカニカルプライス部の開閉を特別な工具無しに行えるため、コネクタ組み立てが簡単になっている。

図4に本コネクタ用くさび部品の構造を示す。構成はくさび2点およびくさびホルダからなる。今回、LCコネクタに適用するにあたり、くさび部品にさらなる改良を加え、機能向上と部品点数の削減を達成した。第一の改良点は、くさび部品はホルダ側面の両側から押込むことでホルダを起こしくさびが除去される構造をとっているが、運送中の振動などの影響によってコネクタ使用前にコネクタ本体からくさびが抜けてしまわないように、ホルダの起き上がり防止のストッパとしてくさび部品内側にラッチを設けたことである。このラッチはくさびホルダ側面を押込むことで乗り越えられ、組み立て作業時のくさび除去性には影響しない。改良点の第二としては、くさび部品自体がコネクタ本体から簡単に外れないよう、

ホルダ底面に蓋機能を組み込んだことである。この蓋はくさび部品の両側をつまむことでロック機構が解除され、コネクタ本体から簡単に取り出すことができる。従来、本機能は別部品の蓋によって行っていたが、くさび部品にこの機能を持たせることで作業手順を削減し、組立時間を短縮させている。

図5にくさび部品の動作フローを示す。くさびはコネクタ本体のメカニカルプライス部にあらかじめ挿入されている。くさび部品は側面から圧縮されると、圧縮されたホルダがロック機構のラッチを乗り越え、くさびが除去される。続いてコネクタを保持している蓋が開き、くさび部品がコネクタから切り離される。一連のくさび除去に関わる動作は1つの動作で完了する。

2.3 光ファイバ挿入治具

われわれが開発してきた現場組立コネクタは比較的簡単な作業で組み立てが可能となっているが、誰でもスキルによらず簡単に組み立てが可能ないようにさらなる改善を行った。

改善点としては、光ファイバ心線処理を行う際の処理長のばらつきをなくすこと。光ファイバ挿入作業におけるファイバ突き当て感覚の曖昧さをなくすこと。

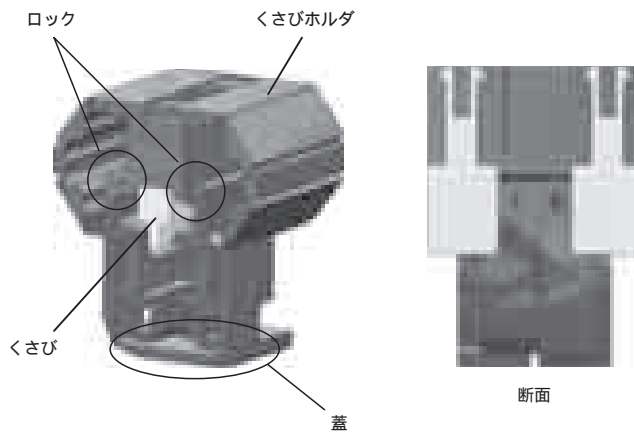


図4 くさび部品構造図
Fig. 4. Structure of wedge unit.

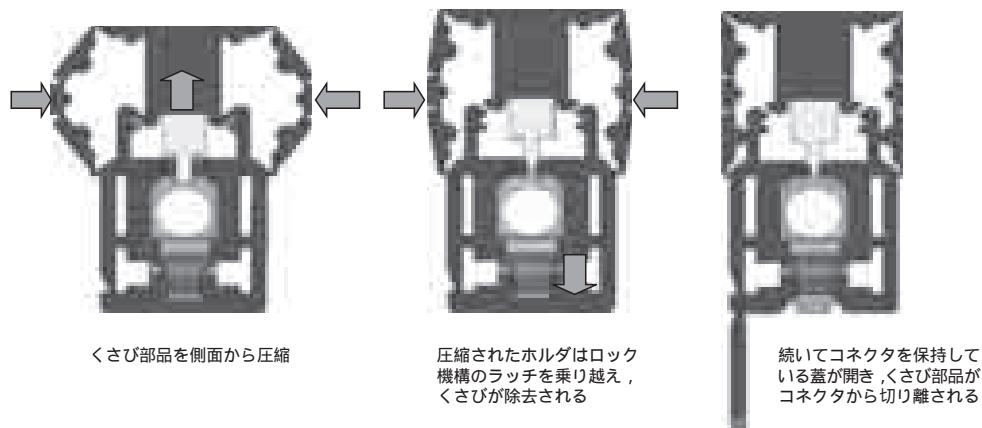


図5 くさび部品機構
Fig. 5. Operation of new wedge unit.

適切なたわみ状態を注意深く維持したまま、くさびを除去することができることの3点である。

これらの課題を解決するため、光ファイバ挿入治具(図6)およびファイバホルダを新たに設計した。ファイバホルダには 0.25用および 0.9用の2種類を用意した。図7に 0.25用、図8に 0.9用のファイバホルダの構造およびホルダの心線把持機構を示した。0.25用ファイバホルダは中心に素線をクランプする部分があり、クランプ部材を本体の後ろ端方向にスライドさせることで、本体にクランプ部材が接触して本体が内側に变形し、素線を把持する構造となっている。0.9用ファイバホルダは 0.9専用にするのでファイバ挿入時の心線たわみ長を最適化

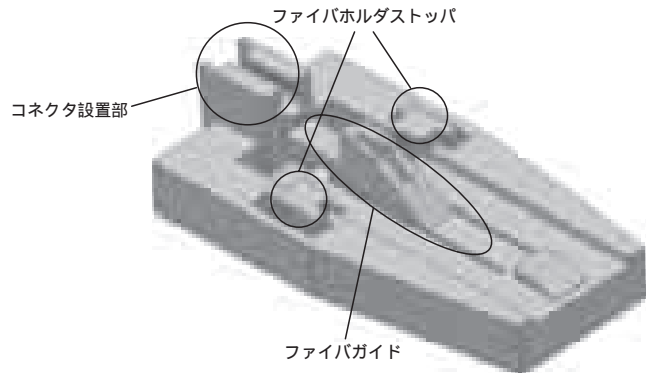


図6 ファイバ挿入治具の構造
Fig. 6. Structure of fiber insertion tool.

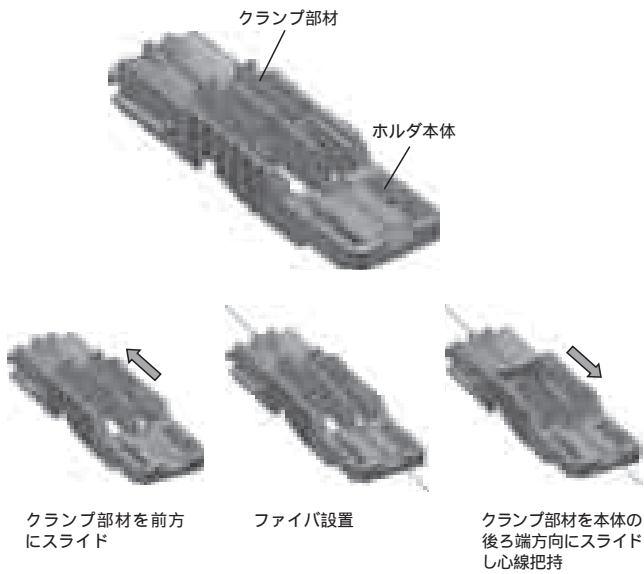


図7 0.25用ファイバホルダの構造および把持機構
Fig. 7. Structure and operation of 0.25 mm fiber holder.

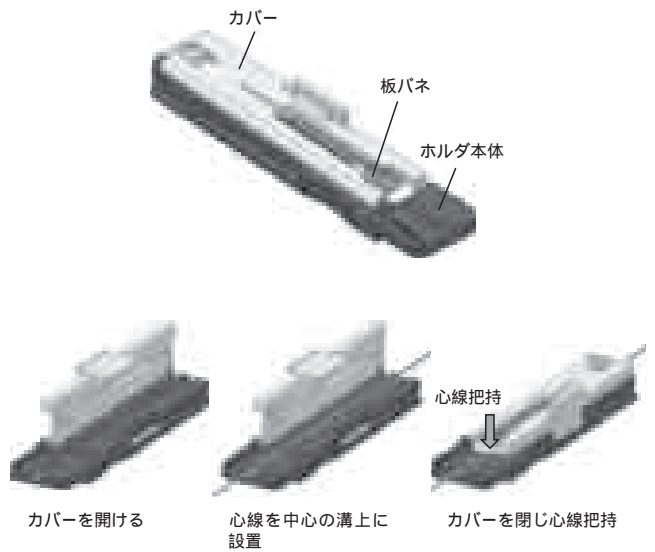


図8 0.9用ファイバホルダの構造および把持機構
Fig. 8. Structure and operation of 0.9 mm fiber holder.

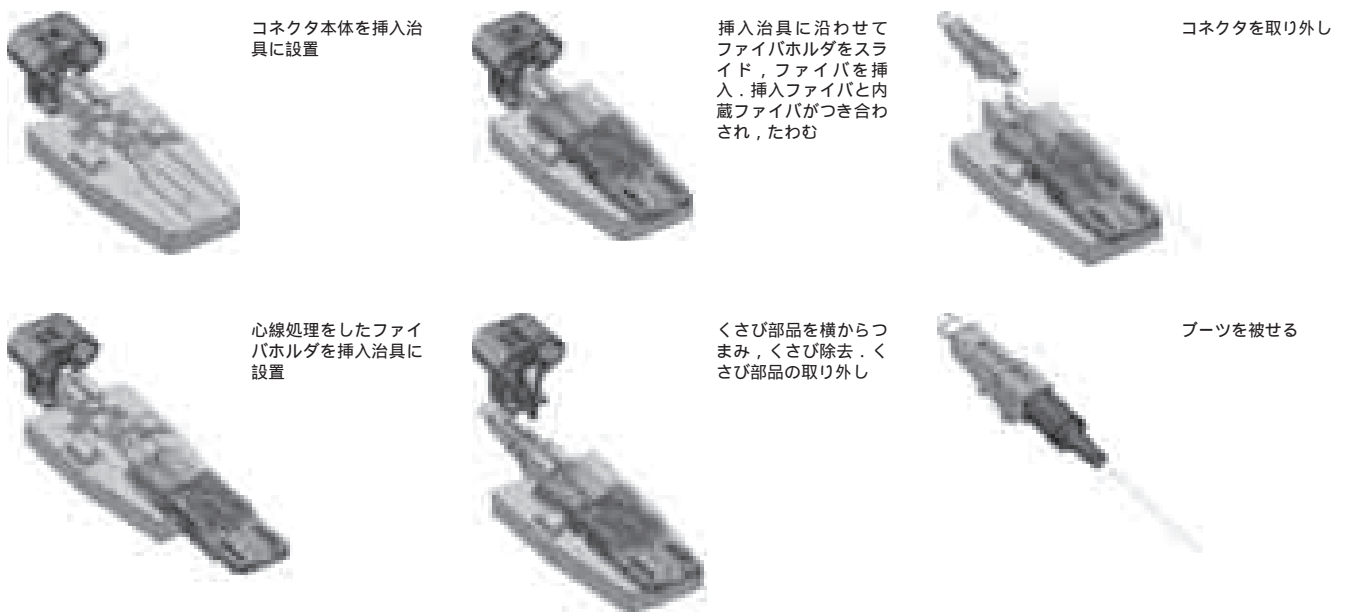


図9 0.25心線の組立フロー
Fig. 9. Operation of 0.25 mm fiber termination.

している。ホルダはカバーに板バネ機能を持たせており、カバーを閉じることで板バネの反発力により心線を押さえつけ、把持する構造とした。0.25 mm・0.9 mmのどちらも心線把持の後、メカニカルストリッパへ取り付けて光ファイバ先端の処理が可能である。心線処理後も、挿入治具先端にコネクタを設置することで、挿入ガイドを使用した光ファイバの挿入作業が可能となった。このファイバホルダおよび光ファイバ挿入治具を用いることで、光ファイバがガイドされ簡単に光ファイバをメカニカルプライス挿入口へ挿入することが可能である。また、挿入治具のファイバホルダストップパによって光ファイバ先端が内蔵ファイバに一定の力で突き当てられ、安定した光ファイバたわみの保持ができる。そのためコネクタ組み立て初心者でも容易に接続が可能で、コネクタ組立の作業者によるばらつきを抑えることができ、信頼性を向上させている。本治具はLC型現場組立光コネクタ用に開発しているが、従来報告してきたSC型およびST型にも対応させている。

図9に0.25心線の場合のホルダおよび治具を用いた組

立フローを示す。くさび部品が組み込まれたコネクタ本体を挿入治具に設置し、先端を処理した光ファイバを把持したファイバホルダを挿入ガイド上でスライドさせてコネクタへ挿入する。挿入した光ファイバは内蔵ファイバに突き当てられ挿入光ファイバが若干たわむ。くさび部品を両側面からつまみ、くさびを除去し、くさび部品を取り外す。そして治具をコネクタから取り外し、ブーツを被せて組立は完成する。組み立て作業は通常約2分以内で終了する。0.9心線の組み立ても同様である。

3. LC型現場組立光コネクタの諸特性

3.1 初期光学特性

図10～図13にシングルモード0.25および0.9心線での挿入損失、反射減衰量評価結果を示した。評価は測定波長1.31 μm/1.55 μmの両波長にて実施している。シングルモード0.25心線において平均接続損失0.18 dB（波長1.31 μm）・0.17 dB（波長1.55 μm）、最大0.34 dB（波長1.31 μm）・0.33 dB（波長1.55 μm）と良好な結果を達

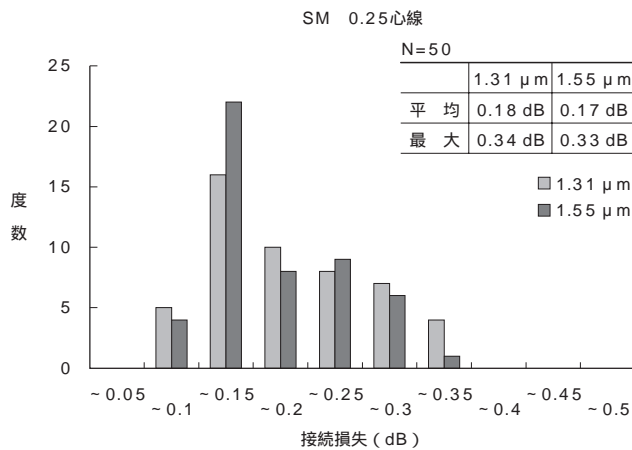


図10 シングルモード0.25心線接続時の接続損失特性
Fig. 10. Insertion loss of field-installable LC connector terminated with 0.25 mm fiber.

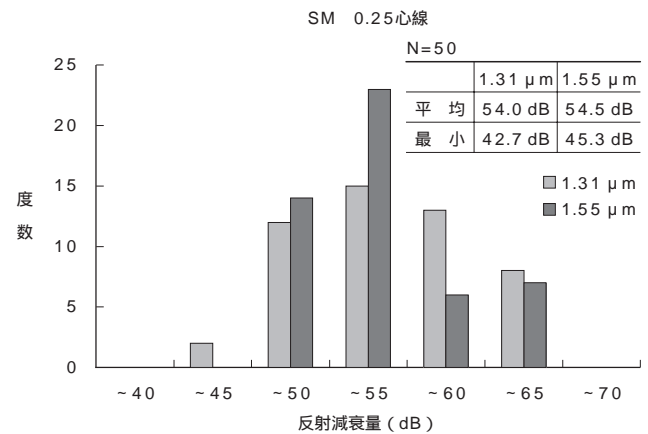


図11 シングルモード0.25心線接続時の反射減衰量特性
Fig. 11. Reflectance of field-installable LC connector terminated with 0.25 mm fiber.

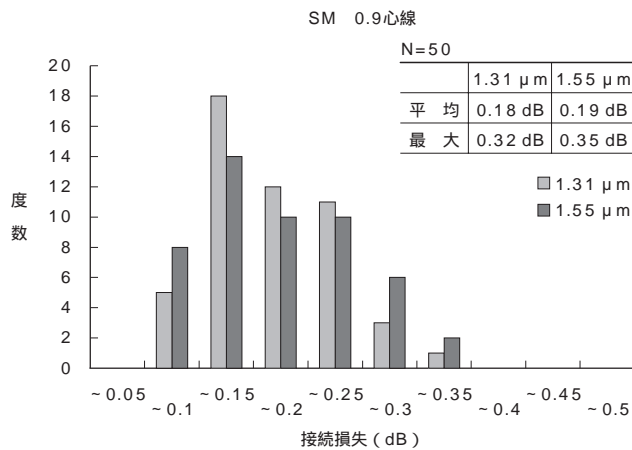


図12 SM 0.9心線接続時の接続損失特性
Fig. 12. Insertion loss of field-installable LC connector terminated with 0.9 mm fiber.

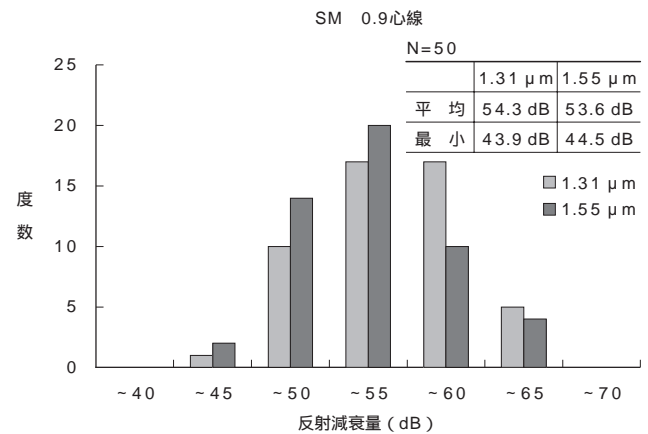


図13 SM 0.9心線接続時の反射減衰量特性
Fig. 13. Reflectance of field-installable LC connector terminated with 0.9 mm fiber.

成している。反射減衰量においても最小42.70 dB (波長1.31 μm)・45.3 dB (波長1.55 μm) と良好な結果を達成している。0.9心線も同様に平均接続損失0.18 dB (波長1.31 μm)・0.19 dB (波長1.55 μm), 最大0.32 dB (波長1.31 μm)・0.35 dB (波長1.55 μm), 反射減衰量最小43.9 dB (波長1.31 μm)・44.5 dB (波長1.55 μm) と良好

な結果である。

マルチモードGI50用およびGI62.5用についても評価を実施した。表1に接続損失, 表2に反射減衰量の評価結果を示す。測定は波長1.31 μmにて行った。接続損失において平均0.1 dB以下, 反射減衰量は平均37 dB以上を示し, 良好な特性を達成している。

表1 マルチモードタイプの接続損失特性
Table 1. Insertion loss of multimode field-installable LC connectors.

ファイバタイプ	心線径	平均接続損失 (dB)	最大接続損失 (dB)
GI50	0.25 mm	0.10	0.17
	0.9 mm	0.09	0.19
GI62.5	0.25 mm	0.06	0.15
	0.9 mm	0.07	0.22

表2 マルチモードタイプの反射減衰量特性
Table 2. Reflectance of multimode field-installable LC connectors.

ファイバタイプ	心線径	平均反射減衰量 (dB)	最大反射減衰量 (dB)
GI50	0.25 mm	37.40	33.80
	0.9 mm	37.80	34.60
GI62.5	0.25 mm	41.30	35.70
	0.9 mm	39.90	34.50

表3 環境特性評価結果 (0.25心線)
Table 3. Environmental characteristics of field-installable LC connector terminated with 0.25 mm fiber.

試験項目	ファイバタイプ	平均初期損失 (dB)	最大初期損失 (dB)	損失変動平均値 (dB)	平均初期反射減衰量 (dB)	最小初期反射減衰量 (dB)
高温特性	SM	0.16	0.25	0.01	52.9	41.7
	GI50	0.06	0.13	0.01	-	-
	GI62.5	0.09	0.09	0.01	-	-
温度サイクル特性	SM	0.17	0.28	0.01	54.3	42.9
	GI50	0.07	0.11	0.01	-	-
	GI62.5	0.10	0.13	0.01	-	-
高湿特性	SM	0.18	0.24	0.02	53.1	44.5
	GI50	0.08	0.14	0.01	-	-
	GI62.5	0.11	0.14	0.00	-	-
温湿度サイクル特性	SM	0.20	0.31	0.01	53.8	40.3
	GI50	0.09	0.11	0.00	-	-
	GI62.5	0.11	0.18	0.01	-	-
温湿度サイクル後 温度サイクル特性	SM	0.21	0.25	0.01	55.4	41.8
	GI50	0.09	0.12	0.00	-	-
	GI62.5	0.12	0.17	0.01	-	-

表4 環境特性評価結果 (0.9心線)
Table 4. Environmental characteristics of field-installable LC connector terminated with 0.9 mm fiber.

試験項目	ファイバタイプ	平均初期損失 (dB)	最大初期損失 (dB)	損失変動平均値 (dB)	平均初期反射減衰量 (dB)	最小初期反射減衰量 (dB)
高温特性	SM	0.19	0.28	0.03	55.1	42.5
	GI50	0.05	0.11	0.01	-	-
	GI62.5	0.10	0.15	0.00	-	-
温度サイクル特性	SM	0.22	0.31	0.02	53.6	44.1
	GI50	0.06	0.17	0.01	-	-
	GI62.5	0.10	0.18	0.00	-	-
高湿特性	SM	0.24	0.25	0.03	53.9	40.8
	GI50	0.07	0.12	0.00	-	-
	GI62.5	0.10	0.16	0.01	-	-
温湿度サイクル特性	SM	0.27	0.33	0.01	54.2	41.8
	GI50	0.07	0.16	0.00	-	-
	GI62.5	0.11	0.16	0.01	-	-
温湿度サイクル後 温度サイクル特性	SM	0.28	0.30	0.01	52.8	42.1
	GI50	0.07	0.19	0.01	-	-
	GI62.5	0.12	0.18	0.01	-	-

以上の結果からLC型現場組立光コネクタの良好な特性を確認した。これらの初期光学特性はTelcordia Gr-1081-COREを満足している。

3.2 環境特性

LC型現場組立光コネクタの環境特性評価を実施した。0.25 mmについての結果をまとめたものを表3に、0.9 mmについては表4に示す。測定波長は1.31 μmで行い、評価はTelcordia GR-326-COREに規定されるサービスライフテストの項目について、それぞれの試験を連続で行っている。全ての試験を通して接続損失は0.5 dB以下、平均変動量は0.05 dB以下であった。図14に温度サイクル

試験の損失変動結果を示している。-40 ~ 75 の温度変動において損失の増加量は0.1 dB以下を示し、良好な温度特性を得ている。以上の結果からLC型現場組立光コネクタは安定した環境特性を有していることを確認した。

3.3 機械特性

機械特性評価はTelcordia GR-326-COREのサービスライフテストの主な項目について実施した。表5に0.25 mm心線の評価結果、表6に0.9 mm心線の評価結果を示す。測定は波長1.31 μmで行った。各試験における損失増加量は平均で0.1 dB以下であり、安定した機械特性を示している。

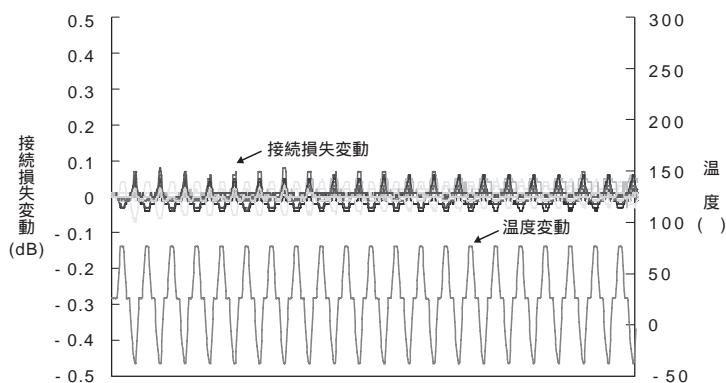


図14 温度サイクル試験結果
Fig. 14. Graph of thermal cycle test for field-installable LC connectors.

表5 機械特性 (0.25心線)

Table 5. Mechanical characteristics of field-installable LC connector terminated with 0.25 mm fiber.

試験項目	ファイバタイプ	平均初期損失 (dB)	最大初期接続損失 (dB)	損失変動平均値 (dB)	平均初期反射減衰量 (dB)	最小初期反射減衰量 (dB)
振動試験	SM	0.22	0.35	0.05	55.6	43.1
	GI50	0.09	0.17	0.03	-	-
	GI62.5	0.13	0.19	0.07	-	-
衝撃試験	SM	0.29	0.40	0.08	54.5	42.6
	GI50	0.13	0.19	0.02	-	-
	GI62.5	0.23	0.30	0.02	-	-
繰り返し着脱	SM	0.36	0.39	0.07	52.7	42.8
	GI50	0.14	0.21	0.01	-	-
	GI62.5	0.25	0.31	0.04	-	-

表6 機械特性 (0.9心線)

Table 6. Mechanical characteristics of field-installable LC connector terminated with 0.9 mm fiber.

試験項目	ファイバタイプ	平均初期損失 (dB)	最大初期接続損失 (dB)	損失変動平均値 (dB)	平均初期反射減衰量 (dB)	最小初期反射減衰量 (dB)
振動試験	SM	0.29	0.36	0.06	52.7	41.9
	GI50	0.08	0.15	0.02	-	-
	GI62.5	0.13	0.17	0.03	-	-
衝撃試験	SM	0.37	0.42	0.04	52.9	43.9
	GI50	0.11	0.20	0.03	-	-
	GI62.5	0.16	0.24	0.04	-	-
繰り返し着脱	SM	0.41	0.45	0.06	54.3	43.3
	GI50	0.14	0.18	0.04	-	-
	GI62.5	0.20	0.25	0.02	-	-

4.むすび

データセンター内の機器間接続に適用可能なLC型現場組立光コネクタを開発した。同時に、組み立てに用いるクサビ部品の改良と、新規に挿入治具を設計し、接続作業のさらなる簡易化および経済化を達成した。またコネクタは優れた光学特性、安定した信頼性を有していることを確認した。

今後、拡大し続ける光ファイバネットワークの接続に対応する、さらなる作業性、経済性および特性の向上をはかる予定である。

参 考 文 献

- 1) 瀧澤ほか：現場取付用簡易組立光コネクタ ,フジクラ技報 , No.94 , pp.5-9 , 1998
- 2) K. Takizawa, et al. : Field-Installable Connector for

Optical Fiber, 47th IWCS, 1998

- 3) K. Takizawa, et al. : MT-RJ Optical Connector, 48th IWCS, 1999
- 4) 瀧澤ほか：FTTH (Fiber To The Home) 用新型メカニカルスプライスおよび現場組立光コネクタ ,フジクラ技報 , No.105 , pp.11-15 , 2003
- 5) K. Takizawa, et al. : Development of New Mechanical Splice and Field-Installable Connector for FTTH, 52nd IWCS, 2003
- 6) 瀧澤ほか：FTTH (Fiber To The Home) 用ケーブル外被把持型現場組立光コネクタ ,フジクラ技報 , No.109 , pp.18-22 , 2005
- 7) D. Saito, et al. : Development of Field-Installable Optical Connector for FTTH, 54th IWCS, 2005
- 8) T. Kobayashi, et al. : Development of Field-Installable Optical Connector for Aerial Closure, 55th IWCS, 2006