

# 光ファイバコード用現場組立光コネクタ

光ケーブルシステム開発センター 斉藤大悟<sup>1</sup>・瀧澤和宏<sup>1</sup>・緒方和也<sup>2</sup>・Tan Khee Yen Serin<sup>3</sup>

## Field-installable Optical Connector for Cables

D. Saito, K. Takizawa, K. Ogata, and Tan Khee Yen Serin

日本国内での急速なFTTHの普及にともない、この線路を構成する重要な部品の一つとして、メカニカルスプライスや現場組立光コネクタが広く普及しており、われわれは、これまでに様々な光ファイバ心線、光ケーブルに適用する開発や製品化を行ってきた。今回、このFTTHで培った技術を応用して光ファイバコードに適用させた現場組立光コネクタを開発し、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良好な結果を得た。また、誰でも簡単に組立作業ができるような安価で簡易な組立補助治具の開発も行った。

With the rapid expansion of fiber to the home (FTTH) in Japan, mechanical splices and field-installable optical connectors have become important components widely deployed in an FTTH network. To date, we have developed and commercialized these components for various fibers as well as drop cables. Applying this technology and expertise, we have developed a new field-installable optical connector for cables. This connector exhibits excellent optical characteristics and reliability test results. We have also designed a low-cost jig to improve ease of installation.

### 1. ま え が き

日本国内のFTTH契約数は平成19年12月末の時点で1100万件を越えており、すでに普及期に入っている。この日本国内のFTTHを構成する線路においては、特に架空クロージャなどの各端末直前の配線点から各端末までの間で、メカニカルスプライス方式を利用し、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が広く普及している。これらを構成する線路には、光ファイバ心線、光ファイバケーブルなどが使用されており、そのそれぞれに適用すべく、われわれはこれまでに様々なタイプの現場組立光コネクタを開発、製品化し、FTTHの普及に努めてきた<sup>1)~12)</sup>。一方、海外においては、先進諸国およびアジア各国にて盛んにFTTxの試験導入が進められており、これらの一部には現場組立光コネクタが使用されているが、その線路には国内では使用されていない光コード類も含まれている。したがって、今後到来する世界的な光線路の普及期においてはさらに様々な光ファイバコード、光ケーブルおよび光ファイバ心線に対応可能な現場組立光コネクタの必要性が高まると予想される。今回、われわれはこれまでの現場組立光コネクタの技術をさらに発展させ、光ファイバコードへ適用

可能な現場組立光コネクタを開発したので報告する。なお、本コネクタの開発はLCおよびSCタイプのコネクタインタフェースについて行っているが、今回はLCタイプについて詳細を報告し、SCタイプについては簡単に紹介するに留める。また、現場組立光コネクタは施工現場での簡易な組立作業が必須の要求課題であり、今回の光ファイバコード用についてもさらなる組立作業性の向上を目的とした組立補助治具の開発を同時に行っており、これについても報告する。

### 2. 光ファイバコード用現場組立光コネクタの構造

光ファイバコード用現場組立光コネクタの概略図について、一例としてインタフェースがLCコネクタプラグの場合を図1に示す。本コネクタはこれまでに発表してきた光ファイバ心線用の現場組立光コネクタ(図2)と同様の内部構造を有しており、またその構成部品も光ファイバ心線用と同様に、コネクタ本体、クサビ部品およびブーツ部品からなっている。また、組立時にはコネクタへのファイバ挿入を容易にし、光ファイバコードのアラミド繊維の処理を補助するための組立補助治具を組み合わせて使用する。LCコネクタプラグのインタフェースはLCコネクタ標準規格TIA/EIA 604-10 A 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。

1 光機器開発部

2 光機器開発部 部長

3 Fujikura Technology Singapore Pte Ltd.

2.1 コネクタ本体およびクサビ部品

本コネクタの断面構造を図3に示す。構造は、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

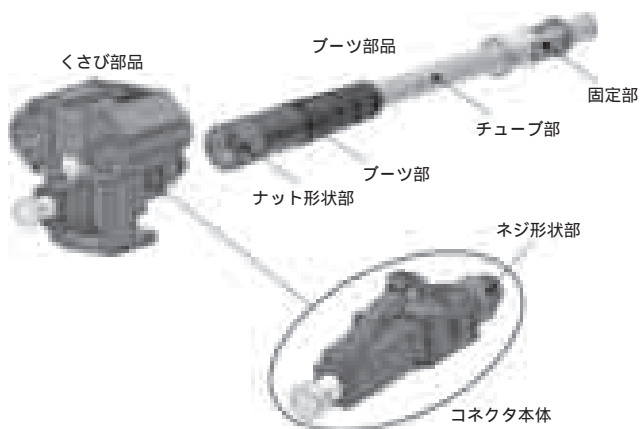


図1 光ファイバコード用現場組立光コネクタ外観  
Fig. 1. Structure overview of field installable connector for cable.



図2 LC型現場組立光コネクタ外観  
Fig. 2. Structure overview of field installable LC connector.

ている。フェルルルには 1.25 mmを適用している。フェルルル端面は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おり、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し、内蔵ファイバと突合せることにより、屈折率整合剤をかいして内蔵ファイバと接続し、光ファイバ先端への無研磨・無接着でのコネクタ組立てを可能にしている。挿入ファイバの接続、固定を行う際のメカニカルスプライス部の開閉機構は、あらかじめコネクタ本体に組み込まれ、メカニカルスプライス部に押し込まれているクサビによって開き、挿入ファイバと内蔵ファイバとの突合せ後にクサビを引抜くことで閉じる機構となっている。これにより、挿入した光ファイバを内蔵ファイバと突合せた状態で固定することが可能となっている。クサビ部品は従来開発したコネクタ搭載型のものを使用しており、従来タイプコネクタとの作業方法の統一をはかるとともに簡易で安定した作業を踏襲している。また、今回光ファイバコードへ適用させるため、光ファイバコードのアラミド繊維をコネクタ後端に固定するための構造を付加している。これについては、次項のブーツ部品にて詳しく説明する。内蔵ファイバについては、シングルモード光ファイバ、マルチモード光ファイバ(GI 50, GI 62.5)それぞれに合わせて仕様を変更することが可能である。

2.2 ブーツ部品

ブーツ部品の構造を図4に示す。ブーツ部品は先端のナット形状部とブーツ本体、光ファイバコードの外被を保護するチューブ部、外被をチューブ部に固定する固定部から構成されている。ブーツ部品は2つの機能を有しており、その1つは光ファイバコードのアラミド繊維をコネクタに引留める機能、もう1つは光ファイバコードの外被を引留める機能である。まず、アラミド繊維の引留め機能について説明する。アラミド繊維の引留め方法は、コネクタ本体内部でメカニカルスプライス接続を行った後、光ファイバコードのアラミド繊維をコネクタ後端

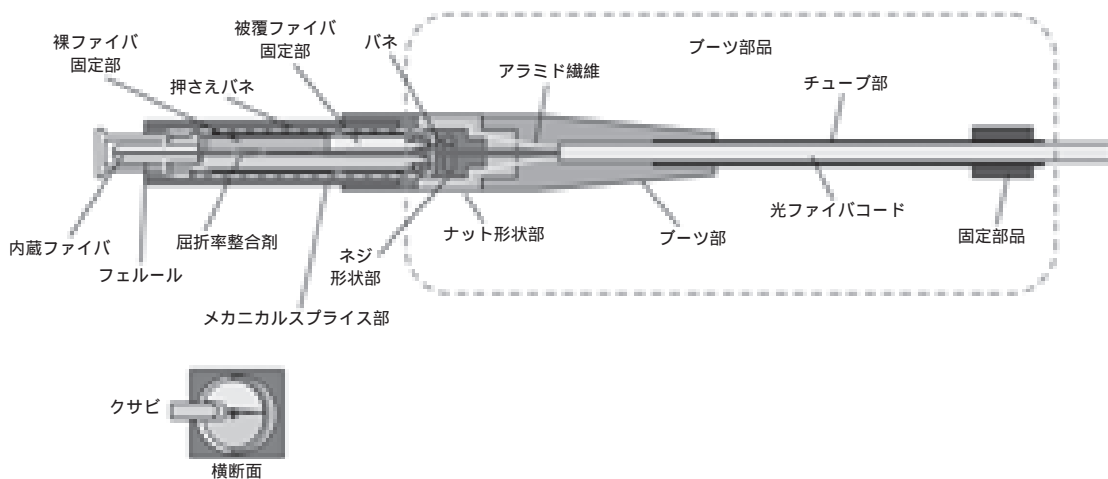


図3 コネクタ断面構造  
Fig. 3. Cross section structure of connector.

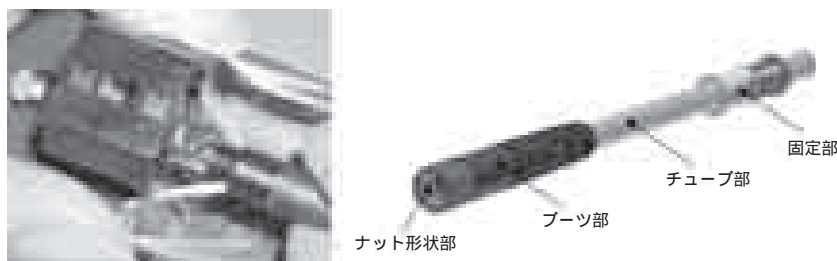


図 4 ブーツ部品の構造  
Fig. 4. Structure of boot unit.



図 5 従来のカシメ方式  
Fig. 5. Current method for clamping.

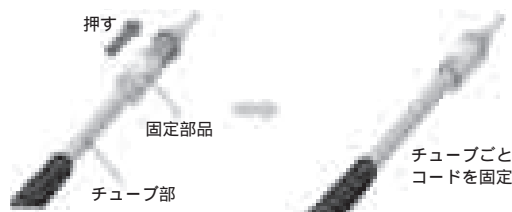


図 6 チューブ固定方法  
Fig. 6. Clamping method for protection tube.



図 7 組立補助治具外観  
Fig. 7. Overview of new assembly jig.

のネジ形状部分に沿わせ、この状態でブーツ部品のナット形状部を締めていくことにより、アラミド繊維がネジとナットの間に固定され、引留められる機構となっている。従来の工法では、アラミド繊維の固定については、図 5 に示すように専用のカシメ固定リングを専用工具にてカシメ固定する方法を用いていたため、専用のカシメ工具が必要であり、かつ、作業にある程度の熟練を要していたが、今回開発した工法では、専用工具は不要で、ネジの締込みのみにてアラミド繊維を固定しているため、大幅に作業性が改善されている。次に光ファイバコード外被の引留め機能を説明する。アラミド繊維をコネクタ後端に引留めた後、チューブ部上の固定部を図 6 のようにスライドさせることで内径方向へ圧力を付加し、光ファイバコードの外被の外側のチューブ部ごと固定する構造としている。これにより、光ファイバコード外被の抜けやねじれを防止し、より安定した端末状態を実現している。

2.3 組立補助治具

まえがきで述べたように、現場組立光コネクタは施工

現場での簡易な組立作業が必須の要求課題であり、特に光ファイバコードタイプに関しては、煩雑なコード処理作業をいかに簡易に実現するかがポイントとなる。今回この課題について、われわれは新たな補助治具の開発を行うことで、簡易な作業性を実現可能とした。図 7 に組立補助治具の外観を、図 8 に機能の内容を示す。組立補助治具はプラスチック一体成形品で軽量、安価なものとし、3つの機能を持たせた。第一にコネクタ本体を固定可能な構造とすることで、アラミド繊維の処理の際、コネクタから手を離して作業できるようにした。これにより、煩雑なアラミド繊維の固定作業をより簡易に行えるよう改善した。第二に、光ファイバコードを挟んで仮固定する部分を設け、光ファイバ接続時の内蔵ファイバと挿入ファイバの突き当て状態を維持できるようにした。これにより、光ファイバ接続時にクサビ部品を引き抜く際、手のブレなどによって突き当て状態が解除されることを防止し、より安定した接続作業を実現した。第三として、アラミド繊維を仮固定する部分をコネクタ本体設置部の

光ファイバコード用現場組立光コネクタ



図8 組立補助治具機能の内容  
Fig. 8. Feature of new assembly jig.

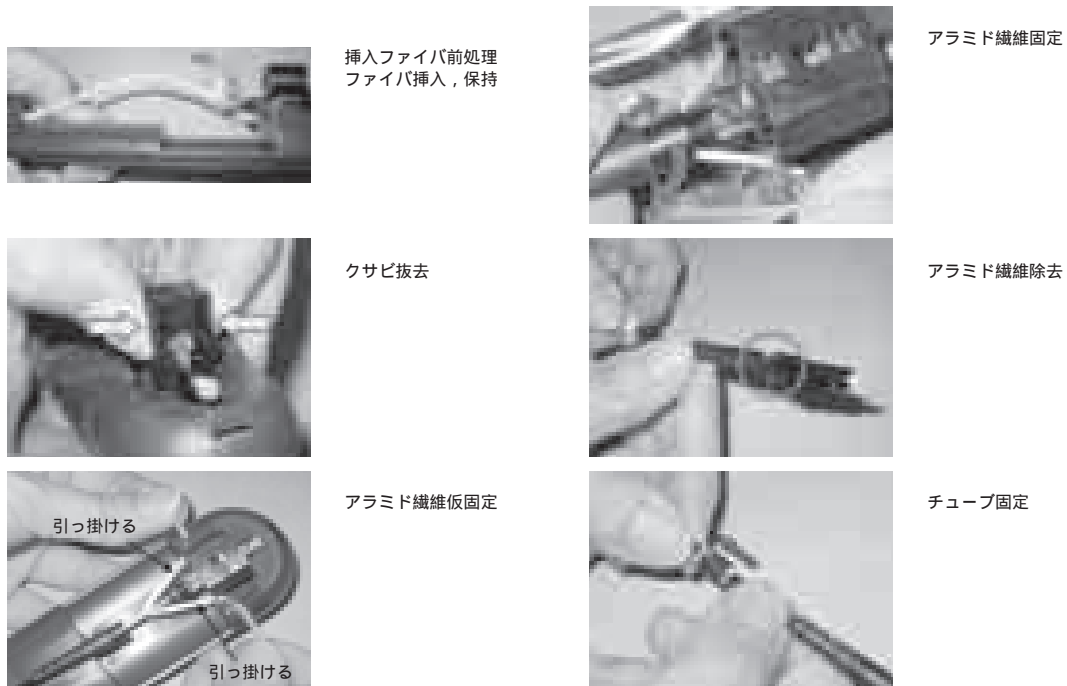


図9 組立フロー  
Fig. 9. Operation procedure.

両側に設けた。これにより、2.2項で述べたアラミド繊維の引留め固定をする際、まずこの仮固定部にアラミド繊維を仮置きすることでコネクタ後端のネジ形状部にアラミド繊維を沿わせることができ、コネクタ後端にアラミド繊維を確実に沿わせた状態でネジの締め込み作業ができるようにした。以上の3つの機能を持たせた組立補助治具により、煩雑であったコード処理作業を大幅に簡易化し、かつ安定した作業性を実現した。

図9に本コネクタによる接続作業のフローを示す。接続作業においては、光ファイバ先端はあらかじめ処理しておく。次に補助治具にコネクタ本体を設置し、処理し

た挿入側ファイバを本体後端の穴に挿入する。挿入ファイバが、コネクタ内部の内蔵ファイバ端面に突き当たった状態で光ファイバコードを若干たわませ、突き当てる力を維持した状態で補助治具後端のコード固定部にコードを設置する。クサビ部品を引き抜き、ファイバの接続を行う。ここで、アラミド繊維を仮固定部に設置し、ブーツ部品ごとコネクタ後端にネジ込み、アラミド繊維を固定する。最後に、チューブ部分の固定部品にてチューブとコード外被を固定し、はみ出たアラミド繊維をカットして施工完了となる。接続作業は約3分程度で終了させることができ、約5分程度かかる従来のカシメ方式に比

べ、作業時間を短縮できることが確認された。

### 3. 光ファイバコード用現場組立光コネクタの諸特性

#### 3.1 初期光学特性

図 10, 11 にシングルモードでの挿入損失, 反射減衰量評価結果を示す。評価は測定波長 1.31  $\mu\text{m}$  / 1.55  $\mu\text{m}$  の両

波長にてサンプル数 N = 100 で実施しており, 2 mm 光ファイバコードを使用した。平均接続損失は 0.22 dB (波長 1.31  $\mu\text{m}$ )・0.20 dB (波長 1.55  $\mu\text{m}$ ), 最大 0.39 dB (波長 1.31  $\mu\text{m}$ )・0.40 dB (波長 1.55  $\mu\text{m}$ ) と良好な結果を得た。また, 反射減衰量においても最小 43.1 dB (波長 1.31  $\mu\text{m}$ )・44.45 dB (波長 1.55  $\mu\text{m}$ ) と良好であった。

以上の結果から光ファイバコード用現場組立光コネク

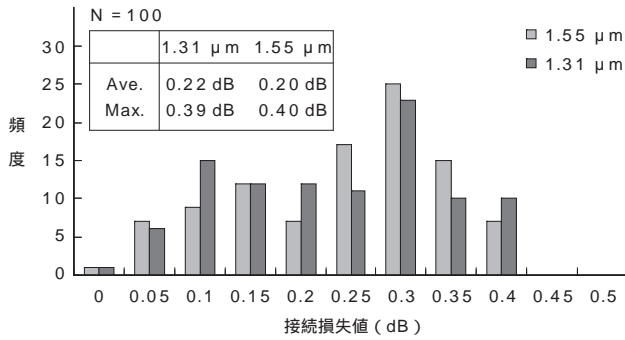


図 10 接続損失特性  
Fig. 10. Insertion loss.

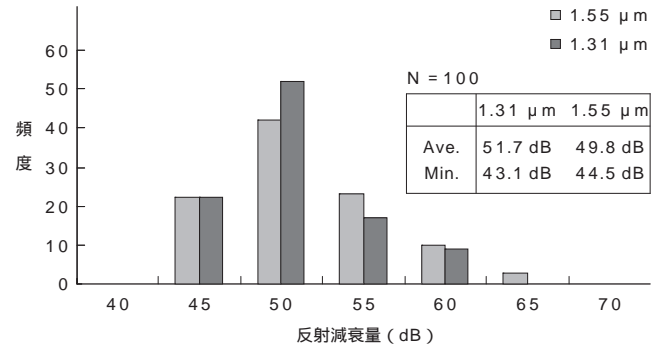


図 11 反射減衰量特性  
Fig. 11. Reflectance.

表 1 環境特性評価結果  
Table 1. Environmental characteristics.

試験項目	試験条件		最大損失増加量 (dB)	
			= 1.31 $\mu\text{m}$	= 1.55 $\mu\text{m}$
高温特性	85	240 h	0.06	0.09
低温特性	- 40	240 h	0.08	0.10
温度サイクル	- 40 ~ 75	21 サイクル 168 h	0.05	0.07
温湿度サイクル	- 10 ~ 65	93 % 14 サイクル 168 h	0.07	0.07
塩水噴霧	35	5 % 塩水噴霧 24 h	0.07	0.03

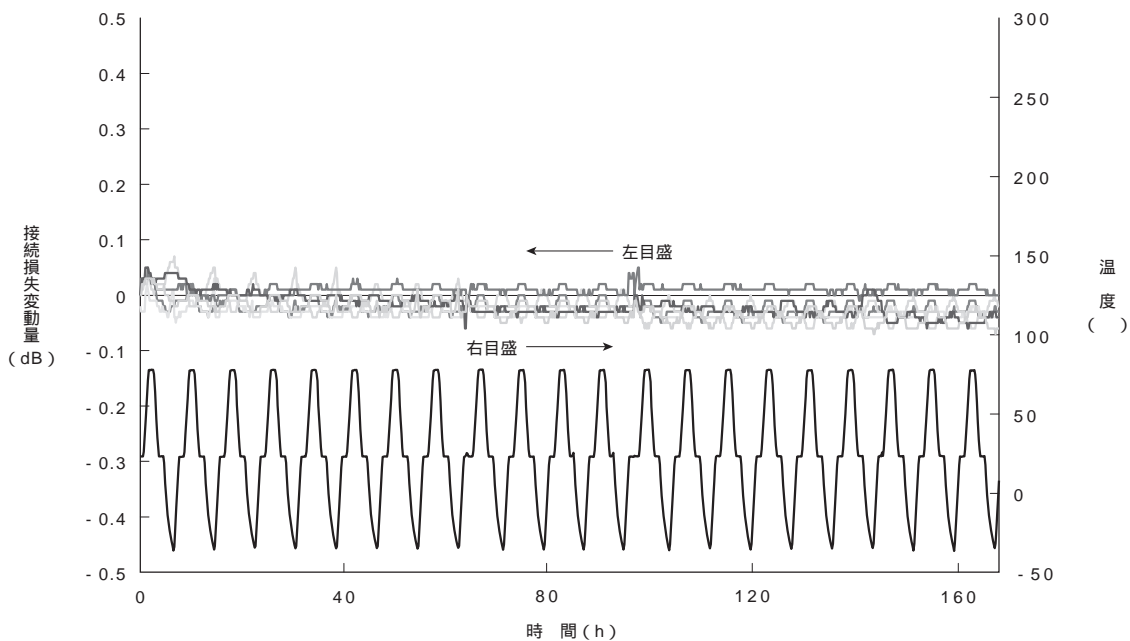


図 12 温度サイクル試験結果  
Fig. 12. Graph of thermal cycle test.

表2 機械特性

Table 2. Mechanical characteristics.

試験項目	試験条件	最大損失増加量 (dB)	
		= 1.31 $\mu\text{m}$	= 1.55 $\mu\text{m}$
振動	1.5 mm 10-55 Hz 2h 3方向	0.03	0.03
ねじり	1.35 kgf, 0°, 90°, 0°, -90°, 9回	0.08	0.09
引張	3 kgf, 1 min	0.10	0.09
屈曲	0.5 kgf, 0°, 90°, 0°, -90°, 100回	0.08	0.06
衝撃	コンクリート, 1.5 m, 水平方向, 8回	0.01	0.02
着脱	500回	0.06	0.03



図13 SCインタフェースタイプの外観  
Fig. 13. Overview of SC type.

なる簡易化, 工具レス化を達成した。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。日本国内のみならず, 今後到来する世界的な光配線網の構築要求における接続技術の一つとして, より多種のケーブル, コードへの適用を目指すとともに, さらなる作業性, 経済性および特性の向上をはかり, 拡大し続ける光ファイバネットワークの接続要求に対応していくよう努める。

タの良好な特性を確認した。

### 3.2 環境特性

次に環境特性評価を実施した。結果を表1に示す。測定波長は1.31  $\mu\text{m}$ , 1.55  $\mu\text{m}$ にて実施し, 評価はTelcordia試験に準拠して行った。すべての試験について接続損失の最大変動量は0.10 dB以下であった。図12に温度サイクル試験の損失変動結果を示す。-40 ~ 75 の温度変動において損失の増加量は0.07 dB以下を示し, 良好な温度特性を得ている。以上の結果から光ファイバコード用現場組立光コネクタは安定した環境特性を有することを確認した。

### 3.3 機械特性

機械特性評価の結果を表2に示す。測定波長は1.31  $\mu\text{m}$ , 1.55  $\mu\text{m}$ にて実施した。各試験における損失増加量は最大で0.10 dB以下であり, 機械特性についても安定した良好な結果を有していることを確認した。

## 4. SCインタフェースタイプの紹介

図13にSCインタフェースタイプの外観を示す。コネクタの組立てについては, これまで述べたLCインタフェースタイプと構造, 構成および原理はまったく同一であり, 組立作業も同様の方法で行うことができる。

## 5. む す び

光ファイバコードに適用可能な現場組立光コネクタを開発した。ネジによるアラミド繊維の締め込み固定方式を採用し, かつ同時に安価な組立補助器具を新規に設計することで, 特に従来煩雑であったコード処理作業のさら

## 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, 47 th IWCS, 1998
- 3) K. Takizawa, et al.: MT-RJ Optical Connector, 48 th 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, 52 nd 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, 54 th IWCS, 2005
- 8) T. Kobayashi, et al.: Development of Field-Installable Optical Connector for Aerial Closure, 55 th IWCS, 2006
- 9) Tan Khee Yen Serin, et al.: Field Installable LC Connector, Fujikura Technical Review, No.36, 2007
- 10) Tan Khee Yen Serin, et al.: Field Installable LC Connector and Mechanical Splice, OFCNFOEC 2007, 2007
- 11) 小林ほか: LC型現場組立光コネクタ(Fast-LCコネクタ), フジクラ技報, No.112, pp.16-23, 2007
- 12) Tan Khee Yen Serin, et al.: Field Installable LC Connector for Cables, OFCNFOEC 2008, 2008