



# 現地組立コネクタの施工性改善及び適用領域の拡大

西岡大造\*・山内孝泰・木村安志  
横町之裕・濱田眞弘・斎藤和人

Workability Improvement of Field Assembly Connectors and the expansion of their Application Domain — by Daizo Nishioka, Takayasu Yamauchi, Yasushi Kimura, Yukihiko Yokomachi, Masahiro Hamada and Kazuhito Saito — As Fiber-to-the-Home (FTTH) service is rapidly increasing its popularity throughout the world, construction work to lead optical drop cable into houses needs to be streamlined. In such construction, field assembly connectors are widely used due to the applicability to cable wiring and compact bodies which are easily stored in optical fiber housings such as optical network units (ONUs). Thus field assembly connectors are attracting worldwide attention not only from the FTTH market but also from the optical LAN market for their capabilities. We have made every kind of improvement to the field assembly connectors throughout our manufacturing and development process aiming at excellent workability and accuracy in fiber de-installation and connector installation. As a result, we have successfully created skill-free fiber butt-coupling method at mechanical splice parts and an optical connector which visualizes whether the assembly is successful or not. Furthermore, we have also developed a high-performance connector which realizes a low return loss. This report describes such advancement of the field assembly connector technologies.

Keywords: mechanical splice, field assembly connector, FTTH, optical connector

## 1. 緒言

FTTHサービスは日本をはじめ欧米・アジア等の世界各地で急速に拡大しており、光ファイバ回線の宅内引き込み工事の効率化が求められている。光ファイバ引き込み工事においては、ケーブル配線の利便性、工事における光ファイバの筐体への収納の利便性から、メカニカルスプライス型現地組立型コネクタが幅広く使用されている。FTTH市場の他、光LAN市場においても現地組立型コネクタはその利便性から世界各国から注目を集めている。我々は現地組立コネクタを従来から製品化してきたが、その開発過程において、敷設工事スキル不要且つ確実なファイバの取り直し・コネクタ取り付けの実現に向け各種改善を実施してきている。今回組み立て時に作業者のスキルや経験に依存していたメカニカルスプライス部でのファイバ突き合わせ作業感覚を完全にスキルフリー化し、且つ現場で組み立て成功良否を視覚的に判断できる機能を有する光コネクタを実現させた。また、アナログ伝送システムに求められる低反射特性を有する高性能型現地組立型コネクタも開発した。本報ではこのような進化し続ける現地組立型コネクタ技術について報告する。

## 2. 現地組立コネクタの適用領域

図1にFTTH配線における現地組立型コネクタの適用場面を示す。日本ではFTTHのユーザへのアクセス回線にお

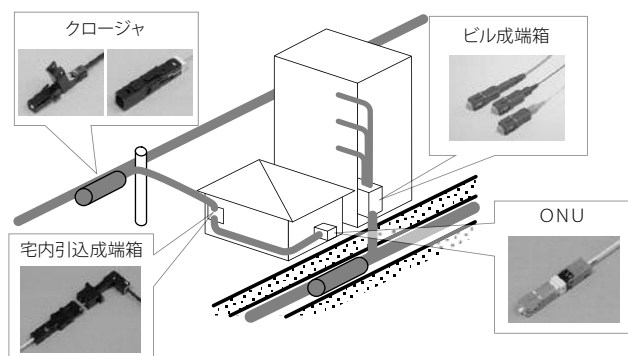


図1 日本における現地組立コネクタの適用場面の一例

いて、クロージャの内部、宅内への引き込み成端箱、ONU内部、ビル内の成端箱等で、非常に多数の現地組立型コネクタが使用されている。現地で光ケーブルを適切な長さで処理できることから、ケーブルの余長収容を最小限にし美観を保った配線を行うことができる。

図2に、ONU内に光配線する際の、現地組立型コネクタを使用した場合と、SCコネクタ付きコードをケーブルにメカニカルスプライスを使用して配線した場合について、実測した時間比較を示す。使用した現地組立コネクタはケーブル外被に直接取り付けることができる外被保持型のコネクタである<sup>(1)~(3)</sup>。横軸に示される作業手順毎の要素

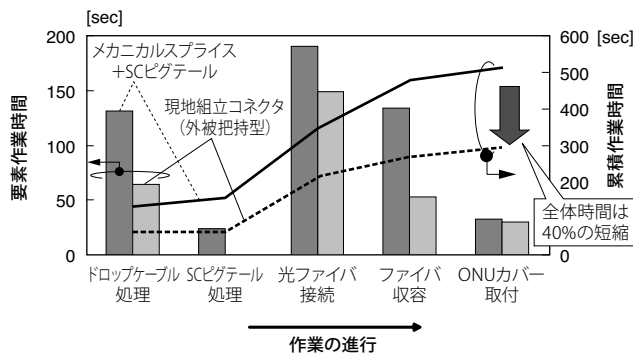


図2 ONU収納時のメカニカルプライスと現地組立コネクタの作業時間比較

単位時間のうち、ファイバ処理時の寸法測定時間、ファイバ収容時間に大きな差があり、現地組立型コネクタを使用した場合の方が累計で40%以上の時間低減効果が見込めることが確認できた。この時間低減効果の他、ファイバを収容する際やファイバポートを切り替えるためにコネクタを再接続する際にファイバをONU筐体に挟み込む等の事故防止効果も期待できる。

このように美観、作業時間低減、品質安定化の利点から、現在では現地組立型コネクタが多く使用されるようになっている。

### 3. 組立成功率を上げる現地組立コネクタ

**3-1 コネクタの内部構造** 図3に我々の開発したメカニカルプライス型現地組立コネクタの内部構造を示す。コネクタのフェルール内部に光ファイバが予め埋め込まれており、フェルール端面は工場で予め研磨されている。さらに、光ファイバを機械的に固定するため、フェルール後端にはメカニカルプライス部が一体化されている。

メカニカルプライス部は、V溝部を持つA部と、その上に水平に位置するプレートB部、及び挿入ファイバをそ

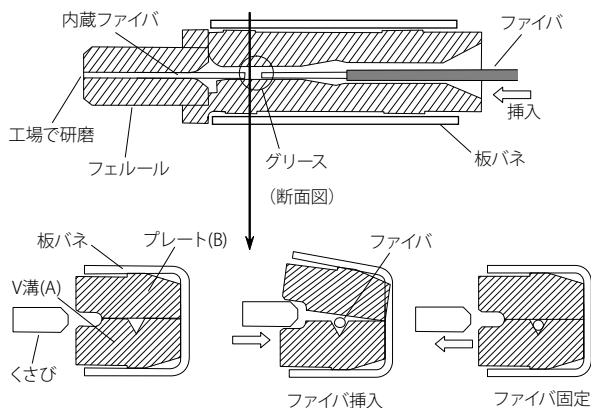


図3 現地組立コネクタの内部構造

れら部材で把持するための板バネから構成される。光ファイバはV溝とプレートBによって高精度に位置決めされ、クランプのバネ力により保持される。内蔵ファイバ端面にガラスとほぼ同じ屈折率特性を有するグリースが塗布されており、挿入ファイバとの屈折率の不連続性を発生させることなく安定した光ファイバを接続することができる機構となっている。

**3-2 組立容易な現地組立コネクタの条件** 我々はこれまで開発してきた現地組立コネクタの経験を通じて、作業者が安定して組立するためには以下の条件が必要であると考えた。

- ①特殊工具不要：光工事を行っている建設会社の方々が即施工を行えるように、特殊な工具を極力使用せず組み立てられること（通常光工事で使用するストリッパ、カッターを除く）。
- ②ファイバ寸法確認機構：ファイバカットが所定寸法で処理できたことを確認するための寸法ゲージがコネクタ本体に装備されており作業一連の流れで寸法を確認できること。
- ③ファイバ挿入ガイドの装備：カット後のファイバを安定してコネクタへ挿入するための挿入ガイド機構を備えていること。
- ④ファイバ突き合わせの自己保持機構：内蔵ファイバを突き合わせた証拠となる挿入ファイバのたわみを機構的に自己保持でき、突き合わせの作業ばらつきを軽減すること。
- ⑤良否判定が可能：その場で組立が良好に行えたことが確認できること。
- ⑥組立後不要部品の最小化：コネクタに付属しない本体以外の不要な部品を極力少なくし、組立後の廃却物発生を抑えること。

上記条件を満足することで、普段現地組立コネクタの取り付けを行っていない作業であっても、少ない経験で良好なコネクタの取り付けを安定して行うことができる。この要件を満たすコネクタ構造の特徴について以下報告する。

### 4. コード用現地組立コネクタ

**4-1 構造** 主に海外のFTTHにおいてファイバの宅内引き込み用に用いられる3mmコード用の現地組立SCコネクタの開発を行った。その構成を写真1に示す。

光工事を行っている作業業者の方々が即施工を行えるように、従来のコード用現地組立コネクタでは必要であったアラミド繊維固定用のカシメ工具は使用せず、二体に分かれるコード固定部材でコードをネジ固定する方式とした(写真1(a)及び写真2(2))。本方式ではアラミド繊維に加えてコード外被も固定できるため、耐捻れ特性を同時に担保できる。またコネクタ本体には、処理ファイバ長を確認するゲージを設け、一連の組立作業過程で寸法を確認できるようにするとともに、ファイバを安定して挿入できるようにするガイド機

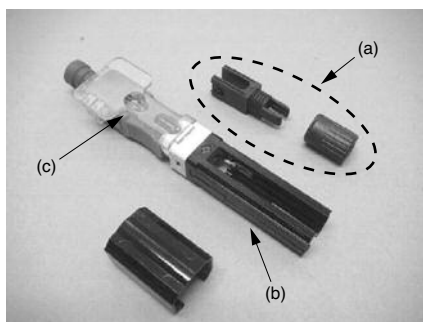


写真1 ø3mmコード用現地組立SCコネクタ (SM型)

能を持たせた(写真2(3))。コネクタ本体に同機能を付与したことで、良好な作業性を維持しながら、組立後に不要となる付属部品を、最小限に抑えることができる。

さらに、ファイバをコネクタ内部で把持するメカニカルスプライス部に透明プラスチック材料を採用し、ハウジングに設けた孔及び透明くさび部(写真1(c))を介して、組立時に内部を観察可能にした。本構造の採用により、コネクタ端面から可視光を入光することで、ファイバ突き合わせ不良等の異常部位が発光するため、組立の成功良否について視覚的に容易に判定が行えるようになる。

4-2 評価結果 本コネクタをø3mmコードに取り付ける時間は3分以下であり、カシメ工具を用いた従来製品と比較して半減することを確認した。表1にø3mmコードを用いた本SC型コネクタの光学特性と信頼性試験結果を示す。接続損失は最大0.42dBと低損失を実現、他機械特性、環境試験も良好な特性を示している。また挿入ファイバを故意に短い寸法で処理しコネクタを組み立て、突き合わせ不良を模擬した試験において、写真2に示す様に可視光を入光させ組み立てたところ、良好な組立の際には見られないコネクタ内部での発光が確認でき、組立失敗状態が容易に識別できることを確認した。

## 5. ø0.9mm心線用現地組立コネクタ

5-1 構造及び作業方法 我々は同じ開発方針で、光LAN市場で要求の高いø0.9mmファイバ用SC型及びLC型現地組立コネクタを開発した。ø0.9mmファイバはø0.25mmファイバより剛性が高いため、作業者が十分な経験がなく、組立時に過度な挿入力をファイバに加えた場合、ファイバ破損が発生するケースが散見されていた。我々は経験不足の作業者でも、このような不良を起さず組立を可能とすることを目標とした。

3-2項で記述したその他の要求条件も満足するため、我々はø0.9mmファイバ専用の新規ファイバホルダを開発した。ファイバホルダ及びコネクタの構成を写真3に示す。このファイバホルダは簡単な構造で安価なプラスチック成形品とした。作業者は新たに特殊工具を準備する必要はない。

写真4に組立方法を示す。コネクタ本体にはくさびが予め取り付けられており、まずそのコネクタを製品添付のファイバ挿入ガイドにセットする(1)。被覆除去後のファイバをホルダにセットし(2)、ファイバをカットする(3)。ファイバ挿入ガイド上のゲージで処理寸法を確認(4)、ファイバ挿入ガイドに沿ってホルダをスライドさせ、コネ

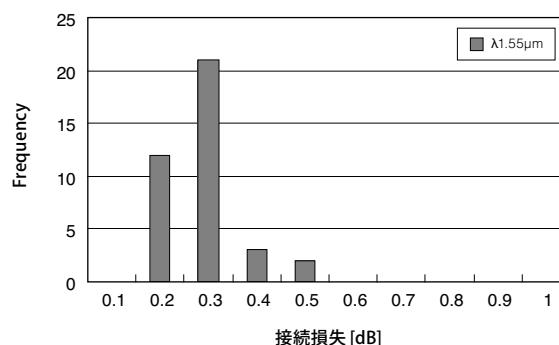


図4 ø3mmコード用コネクタの接続損失特性 (SM型)

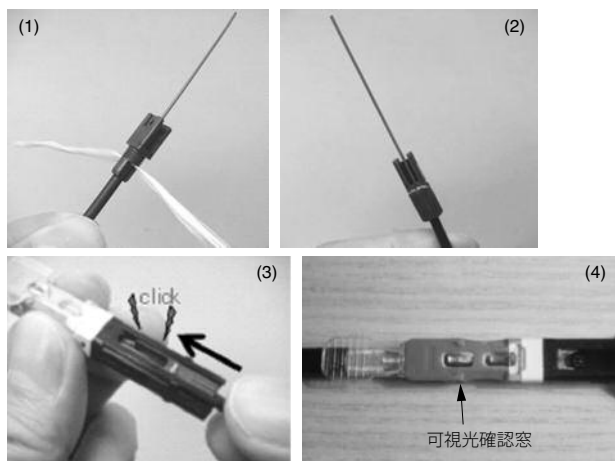


写真2 ø3mmコード用現地組立SCコネクタ組立工程の概略

表1 ø3mmコード取付現地組立コネクタの特性

項目	試験条件	結果
接続損失	$\lambda = 1.55\mu\text{m}$	Avg.0.24dB Max.0.42dB
反射減衰量	$\lambda = 1.55\mu\text{m}$	Avg.51.9dB Min.48.3dB
引張特性	10N, 1min	$\Delta IL \leq 0.15\text{dB}$
屈曲特性	$4.9\text{N} \pm 90^\circ \times 10\text{cyc.}$	$\Delta IL \leq 0.15\text{dB}$
捻回特性	$4.9\text{N} @ 30\text{mm} \pm 90^\circ \times 10\text{cyc.}$	$\Delta IL \leq 0.15\text{dB}$
温度サイクル特性	$-40 \sim 75^\circ\text{C}, 12\text{cyc.}$	$\Delta IL \leq 0.20\text{dB}$
湿熱特性	$40^\circ\text{C}, 95\%\text{RH}, 96\text{hr.}$	$\Delta IL \leq 0.20\text{dB}$

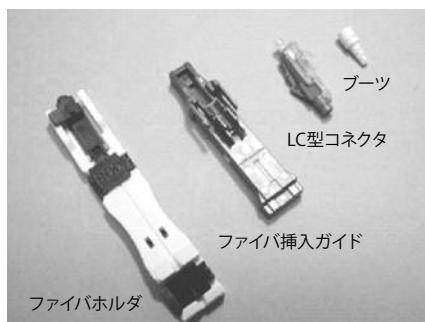


写真3 ø0.9mm心線用現地組立LCコネクタ (MM50型)

クタ内部にファイバを挿入する (5)。

コネクタへのファイバ挿入時にファイバ破損を防止するには、適切なファイバカット長さとし、ファイバの曲げたわみを作ることが重要である。もし写真4 (2) のフタ (a), (b) がファイバをしっかり押さえつけていた場合、組立作業中に、挿入ファイバに過度な力がかかり破損してしまう。我々の開発品では、フタ (a) はファイバの仮押さえにとどめ、またフタ (b) を外さないで、ファイバ挿入が最後まで完了しないようにした。

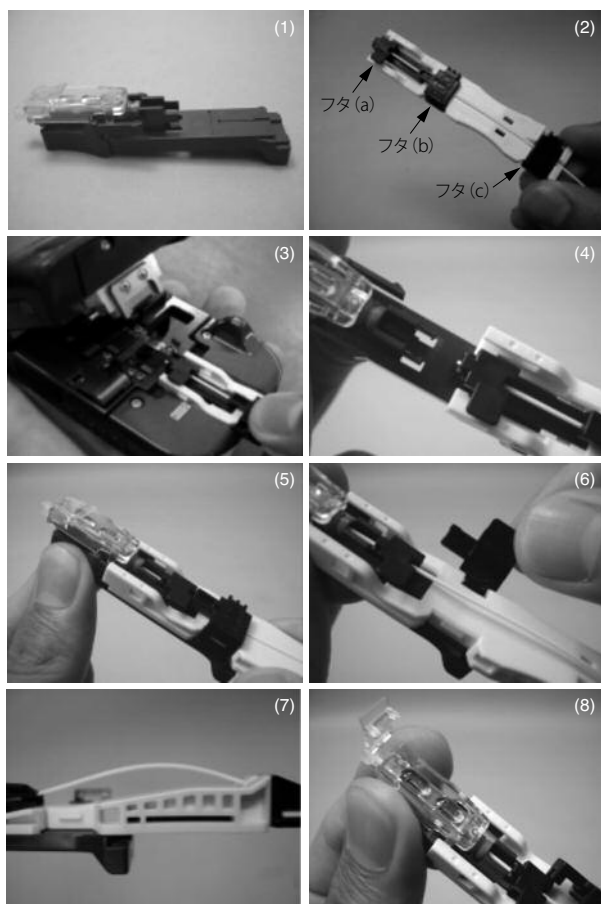


写真4 ø0.9mm心線用コネクタの組立方法概略

その組立シーケンスは以下となる。ファイバホルダは挿入ファイバが内蔵ファイバと接触する前に一度停止され、フタ (b) が閉じたままの場合、ホルダはそれ以上前進することができない。フタ (b) を開くことで、ホルダは前進でき、ファイバ突き合わせが可能となる。その際のファイバの曲げたわみは、写真4 (7) の状態で自己保持可能である。この工程で組立を行うことで、経験の少ない作業者であっても、良好な組立が可能である。最後にくさびを取り外し (8)、ブーツを取り付けて完成する。

本構造においても、メカニカルスプライス部及びくさびの透明部材が使用されており、コネクタ端面から可視光を入光させた場合に、組立成功良否判定が容易に行えるようになっている。

5-2 評価結果 本コネクタの組立作業経験のない3名が組立を実施した結果を図6に示す。平均組立時間は3分以下、最大接続損失は0.18dBであった。組立時の失敗もなく、良好な結果を得ることができた。

## 6. 低反射特性を実現する現地組立コネクタ

6-1 構造・特性 従来の現地組立型コネクタは内蔵するファイバ及び現地で処理するファイバ端面は直角に

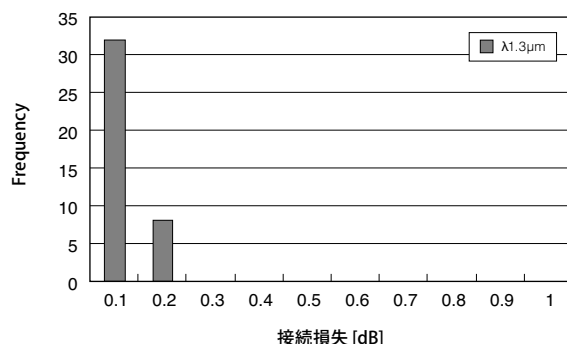


図5 ø0.9mm心線用コネクタの未経験者による組立品接続損失結果 (MM50型)

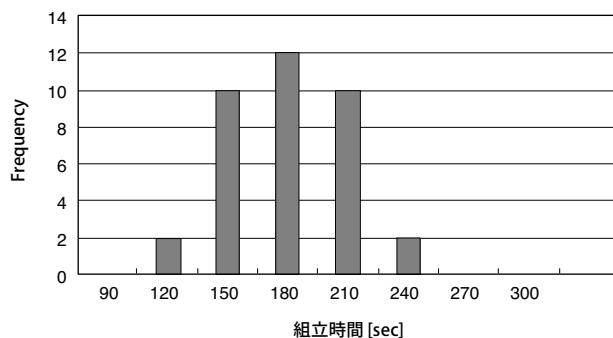


図6 ø0.9mm心線用コネクタの未経験者による接続作業時間結果

表2 ø0.9mm心線用コネクタの特性 (MM50型)

項目	試験条件	結果
接続損失	$\lambda = 1.3\mu\text{m}$	Avg.0.08dB Max.0.18dB
反射減衰量	$\lambda = 1.3\mu\text{m}$	Avg.40.2dB Min.32.9dB
引張特性	3N, 1min	$\Delta IL \leq 0.00\text{dB}$
曲げ特性	$0.2\text{N} \pm 90^\circ \times 10\text{cyc.}$	$\Delta IL \leq 0.00\text{dB}$
振動特性	1.5mmp-p 10-55MHz	$\Delta IL \leq 0.05\text{dB}$
衝撃特性	100G 6ms 3方向	$\Delta IL \leq 0.05\text{dB}$
温湿度サイクル特性	-10~65°C/93%RH 24hrs $\times$ 10cyc.	$\Delta IL \leq 0.10\text{dB}$
湿熱特性	40°C, 95%RH, 96hr.	$\Delta IL \leq 0.10\text{dB}$

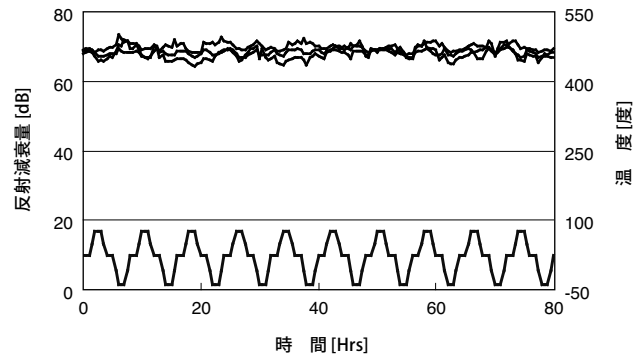


図7 ø0.9mm心線用斜め研磨型現地組立SCコネクタの温度サイクル反射特性

カットされており、その理由により製品組立時の保証反射特性は40dB以上 (SM型) に留まっていた。そのため厳しい反射特性が要求されるビデオサービスのようアナログ伝送システムへの採用が見送られる場合があった。我々は、コネクタ端面を斜め研磨 (APC研磨) し、内蔵されるファイバの突き合わせ端面を斜めに処理、また現地で挿入するファイバは斜めカッターを用い斜めにカットされたファイバを挿入することで、スプライス点でのガラスファイバとグリースとの僅かな屈折率不整合による反射を低減することができ、低い反射特性を実現するコネクタを開発した。

本コネクタの特性評価結果を表3及び図7に示す。接続損失は最大0.59dB、反射減衰量は最小で61.5dBと低い特性を示している。他機械特性、環境試験も良好な特性を示している。温度サイクル試験時においても低い反射特性を示すことがわかる。

本コネクタは従来適用が見送られてきたような、上述環境での適用が期待される。

表3 ø0.9mm心線用斜め研磨型現地組立SCコネクタの特性(SM型)

項目	試験条件	結果
接続損失	$\lambda = 1.55\mu\text{m}$	Avg.0.22dB Max.0.59dB
反射減衰量	$\lambda = 1.55\mu\text{m}$	Min.61.5dB
引張特性	3N, 1min	$\Delta IL \leq 0.15\text{dB}$ $RL \geq 65\text{dB}$
振動特性	1.5mmp-p 10-55MHz	$\Delta IL \leq 0.15\text{dB}$ $RL \geq 65\text{dB}$
衝撃特性	1.5m free fall $\times$ 5times	$\Delta IL \leq 0.15\text{dB}$ $RL \geq 65\text{dB}$
温度サイクル特性	-25~70°C, 12cyc.	$\Delta IL \leq 0.20\text{dB}$ $RL \geq 55\text{dB}$
湿熱特性	40°C, 93%RH, 96hr	$\Delta IL \leq 0.20\text{dB}$ $RL \geq 55\text{dB}$

## 7. 結 言

我々は組み立て時にスキルに依存していたこれまでのメカニカルスプライス部でのファイバ突き合わせ作業を組み立て過程でファイバ突き合わせを自己保持できる機構とすることで完全にスキルフリー化し、且つ現場で視光を入れるだけで組み立て成功良否を視覚的に判断できるようコネクタを実現させた。また従来は適用が難しかったアナログ伝送システムへも適用できるよう斜めスプライス技術により低反射特性を有するコネクタも開発した。これらのコネクタはいずれも高い信頼性を有していることが確認でき、今後のFTTH配線、光LAN配線へのファイバ敷設作業の効率化に大きく貢献することが期待される。

## 参 考 文 献

- (1) D. Nishioka, et al., "Field installable connectors for FTTH construction", Proceedings of 54th IWCS (2005)
- (2) K. Ohtsuka, et al., "Field-assembled Optical Connector Technology in Aerial Communication Lines for FTTH", Proceedings of 55th IWCS (2006)
- (3) T. Yamauchi, et al. "Development and Advance of Field assembly connector", Proceedings of 57th IWCS (2008)

## 執 筆 者

西岡 大造\*: 光機器事業部 機器製品部 主査  
光コネクタ、光接続物品の開発に従事



山内 孝泰 : 光機器事業部 機器製品部 主席

木村 安志 : 光機器事業部 機器製品部

横町 之裕 : 光機器事業部 機器製品部 主席

濱田 真弘 : 光機器事業部 機器製品部 グループ長

斎藤 和人 : 光機器事業部 機器製品部 部長

\*主執筆者