

# 160 $\mu\text{m}$ ファイバを用いたデータセンタ向け6912心ケーブル

光ケーブル開発部 辻本 悠介<sup>1</sup>・山下 典明<sup>1</sup>・村田 暁<sup>2</sup>・浮谷 典孝<sup>3</sup>・郡 彰<sup>4</sup>  
光ファイバ開発部 山城 健司<sup>5</sup>・松尾 昌一郎<sup>6</sup>  
光機器開発部 石川 隆朗<sup>7</sup>

## 6912-fiber Optical Cable using 160 $\mu\text{m}$ fiber for Datacenter

Y. Tsujimoto, N. Yamashita, A. Murata, N. Ukiya, A. Kori, K. Yamashiro, S. Matsuo, and T. Ishikawa

クラウドサービスの拡大、5G商用化、車の自動運転サービス等の展開が見込まれており、通信ネットワークの大容量化が進んでいる。これにあわせ、より経済的かつ効率的に光ファイバ通信網を構築していくことが求められている。今回、80  $\mu\text{m}$ のクラッド径を有する被覆径160  $\mu\text{m}$ の光ファイバを用いて6912心ケーブルを開発した。本ケーブルは、125  $\mu\text{m}$ のクラッド径を有する被覆径200  $\mu\text{m}$ の光ファイバを用いた6912心ケーブルと比較し、大幅な細径化かつ軽量化を実現し、内径1.5インチ管路への充填率50 %を達成した。また本ケーブルは、GR-20-CORE Issue4に準拠して評価を行い、良好な機械特性および環境特性を有していることを確認した。

Recently the demand of optical fibers has been greatly increasing as the expansion of cloud services, 5G commercialization, the automated car driving systems and so on. It needs to construct optical fiber communication networks in an economical and efficient. We have developed 6912-fiber cable using 160  $\mu\text{m}$  coating optical fiber with 80  $\mu\text{m}$  cladding. New cable has succeeded in cable diameter and weight reduction significantly. And by reducing the cable outer diameter, the filling rate of the 1.5-inch conduit was achieved 50 %. It has satisfactory mechanical and environmental performance in accordance with GR-20-CORE Issue4.

### 1. ま え が き

通信ネットワークの大容量化により光ファイバの需要が拡大しており、施工コストの抑制と大容量化を同時に達成するため、管路への心線収容率向上を目的とした細径高密度光ケーブルが求められている。その達成のため、光ファイバの細径化は有効な方法の一つである。これまで北米や欧州顧客向けとして、125  $\mu\text{m}$ のクラッド径を有する被覆径200  $\mu\text{m}$ の光ファイバ（以下200  $\mu\text{m}$ ファイバと記す）を用いた外径30 mmの6912心ケーブルが報告されている<sup>1) 2)</sup>。6912心ケーブルは内径1.5インチ（約38.1 mm）の地下管路へ敷設されるケースが多いが、ケーブル外径が30 mmであっても、内径1.5インチ管路への充填率は理想とされる60 %を超過している。そこで当社は、80  $\mu\text{m}$ のクラッド径を有する被覆径160  $\mu\text{m}$ の光ファイバ（以下160  $\mu\text{m}$ ファイバと記す）を用いた6912心ケーブルの細径高密度化を試

みた。160  $\mu\text{m}$ ファイバはこれまで光デバイスには使用されているが、通信系光ファイバケーブルへは適用されていない。当社ですでに商用化している間欠接着型光ファイバテープ心線（Spider Web Ribbon<sup>®</sup>）、および押さえ巻きで覆い、抗張力体を埋め込んで被覆したケーブル（Wrapping Tube Cable<sup>®</sup>）の技術に160  $\mu\text{m}$ ファイバを適用した。これにより、良好な特性を有する160  $\mu\text{m}$ ファイバ6912心ケーブルの作製が可能となった。本稿では、世界最細径6912心WTCの開発内容と接続ソリューションについて紹介する。

### 2. データセンタ接続

#### 2.1 データセンタ内のケーブル配線例

近年、データセンタ向けに光ケーブルの需要が高まっている。光ケーブルには、屋外敷設用アウトドアケーブル、屋内敷設用インドアケーブルや、屋内と屋外を結ぶインドアアウトドアケーブルがあげられる。データセンタ内の配線例を図1に示す。アウトドアケーブルは地下管路内に敷設され、建屋間のネットワークを接続する役割を有する。インドアケーブルは建屋内の光成端架とパッチパネルの間で用いられる。インドアアウトドアケーブルはアウトドア

1 光ケーブル開発部  
2 光ケーブル開発部 上席研究員, 博士 (学術)  
3 光ケーブル開発部 グループ長  
4 光ケーブル開発部 部長  
5 光ファイバ開発部 製品開発G 主席研究員  
6 光ファイバ開発部 部長, 博士 (工学)  
7 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
MPOコネクタ	Multi-Fiber Push On Connector	複数の光ファイバを一括接続可能な光コネクタ。
ITU-T	International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector	国際電気通信連合電気通信標準化部門。
IEC	International Electrotechnical Commission	国際電気標準会議。
光ファイバの一括融着接続		光ファイバの端面の軸あわせを行った後に、融着接続機の放電により光ファイバの端面を溶かして、複数心の光ファイバを一括で接続する方法。

ケーブルとインドアケーブルを接続する役割を有する。

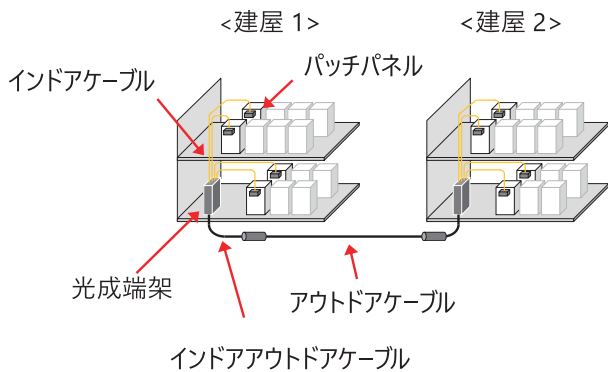


図1 データセンタ内のケーブル配線例

Fig. 1. Wiring diagram of cables in Data Center.

2.2 地下管路内の光ケーブルの充填率

アウトドアケーブルは地下管路内に敷設される。新規に地下管路を増設するためには大幅な設備投資が必要となるため、既設の地下管路を有効活用することが効率的な光通信ネットワークの大容量化につながる。既設地下管路内へスムーズなケーブルの敷設を実現するには、管路の内径に対するケーブル外径の充填率が重要となる。例として、内径1.5インチ（約38.1 mm）の地下管路内に外径30 mmの6912心ケーブルを挿入した状態の断面図を図2に示す。地下管路内へのケーブルの充填率は60 %以下が理想であるが、ケーブル外径が30 mmの場合、内径1.5インチ管路の充填率は60 %を超過してしまう。60 %以上となるとケーブルの敷設時に地下管路の長手方向でケーブルが詰まるなど、敷設が容易でなくなる可能性がある。

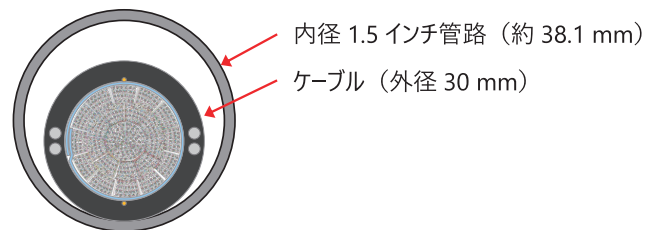


図2 地下管路の断面図

Fig. 2. Cross section of underground conduit.

3. 光ファイバ、光ファイバテープ心線の設計

3.1 光ファイバの設計

地下管路内の心線収容率を向上させる方法の一つとして、光ファイバの被覆径を細くする方法が挙げられる。図3に光ファイバの断面図を示す。これまでは125 μmのクラッド径を有する被覆径250 μmが一般的な光ファイバの寸法であったが、光ファイバの被覆設計を最適化し、被覆径を200 μmまで細径化した光ファイバが商用化されており、世界的に広く普及しはじめています。200 μmファイバは、250 μmファイバに比べて断面積比で約36 %の削減を実現している。

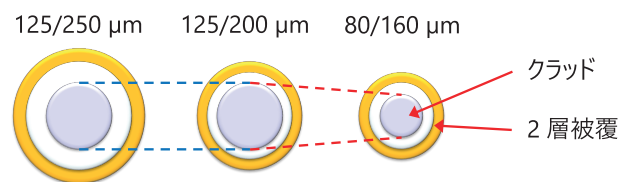


図3 光ファイバの断面図

Fig. 3. Cross section of three types of optical fiber.

一方近年では、さらなる細径ファイバに関する研究も報告されており<sup>3) 4) 5)</sup>、次世代ファイバとしての実用化が期待されている。その中で、クラッド径を125  $\mu\text{m}$ から80  $\mu\text{m}$ へ、被覆径を200  $\mu\text{m}$ から160  $\mu\text{m}$ へ細径化した構造の提案がされている。しかし、クラッド径や被覆径を細径化した光ファイバでは、光ファイバの側面から不均一な圧力が印加されて発現するマイクロバンド損失への感受性が高くなるため、高密度光ケーブルでは大きな損失増加が発生する。当社では、160  $\mu\text{m}$ ファイバに関する研究を行っており、光ファイバの二層被覆の厚みとヤング率を最適化することでマイクロバンド損失の低減を可能とし、160  $\mu\text{m}$ ファイバのケーブルへ適用が実現可能なことを示している<sup>6) 7)</sup>。今回、ITU-T G.657.A2<sup>8)</sup>に相当する光学特性を有した光ファイバを適用した。

### 3.2 間欠接着型光ファイバテープ心線 (Spider Web Ribbon<sup>®</sup>) の設計

250  $\mu\text{m}$ ファイバや200  $\mu\text{m}$ ファイバと同様に、160  $\mu\text{m}$ ファイバにおいても「Spider Web Ribbon (以下SWR<sup>®</sup>と記す)」と呼ばれる間欠接着型構造を適用した。図4に12心SWRの構造を示す。SWRは心線配列を維持しながら光ファイバ心線を間欠的に接着した構造のため非常に柔軟であり、より高密度にケーブル内へ実装することが可能となる。

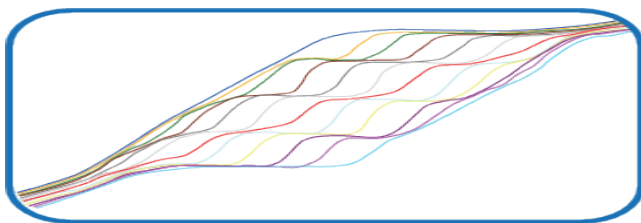


図4 12心SWRの構造

Fig. 4. Structure of 12-fiber SWR.

また、光ファイバテープ心線を正確かつ容易に識別するために、SWRにはストライプリングマークがほどこされている。図5～7にストライプリングマークの模式図および実際に160  $\mu\text{m}$ ファイバを用いたSWRの写真を示す。テープ心線の幅方向にリングマークを付与し、それを長手方向に印字をしている。細径化によるリングマークの視認性の悪化はなく、テープ心線同士および単心分離後のファイバ同士においても容易に識別が可能であることを確認している。

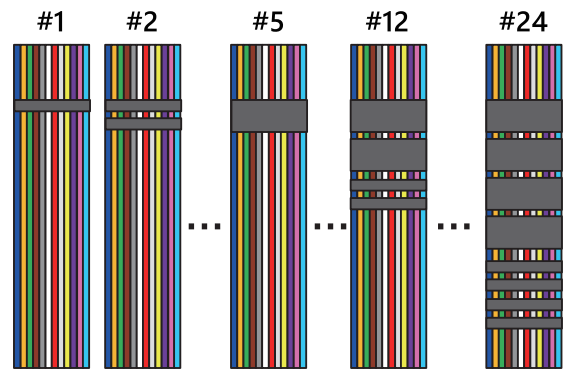


図5 ストライプリングマークの模式図

Fig. 5. Schematic of stripe ring marking.

表面



裏面



図6 SWR両面からのストライプリングマーク視認性 (#12)

Fig. 6. Stripe ring marking visibility on both sides of SWR (#12).

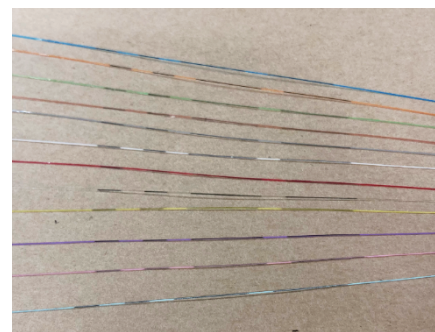


図7 単心ファイバでのストライプリングマーク視認性 (#12)

Fig. 7. Stripe ring marking visibility with a single fiber (#12).

## 4. 接続技術

### 4.1 従来の光ファイバとの互換性

新たにクラッド径の異なる光ファイバを適用する場合、従来の光ファイバとの接続を考慮しなければならない。クラッド径が80  $\mu\text{m}$ の160  $\mu\text{m}$ ファイバテープ心線と、クラッド径が125  $\mu\text{m}$ の250  $\mu\text{m}$ ファイバテープ心線間の接続において、複数のファイバの中心軸を一度にあわせることや、融着接続機の放電条件確立が難しく、テープ心線の一括融着接続は現状困難となる。そこで今回、異径ファイバ間の

接続を容易に可能とする160 μmファイバ用の12心MPOコネクタ（図8）について紹介する。従来より用いられている250 μmファイバを使ったりジッド型光ファイバテープ心線のファイバ間ピッチは250 μmのため、MPOコネクタのファイバ孔間のピッチは250 μmに設計している。今回、160 μmファイバ用のMPOコネクタのファイバ孔間ピッチも同様に250 μmに設計することで、異径ファイバテープ心線間においても良好な一括接続が実現可能となった。12心MPOコネクタを用いた異径ファイバ間の挿入損失の測定結果を図9に示す。IEC61753-1 GradeBを達成し、優れた挿入損失であることを確認している。

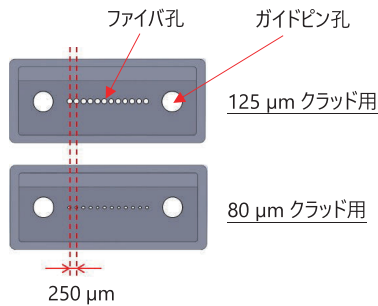


図8 各ファイバ径の12心MPOコネクタの端面図  
Fig. 8. End faces of 12-fiber MPO connector applied with each optical fiber diameter respectively.

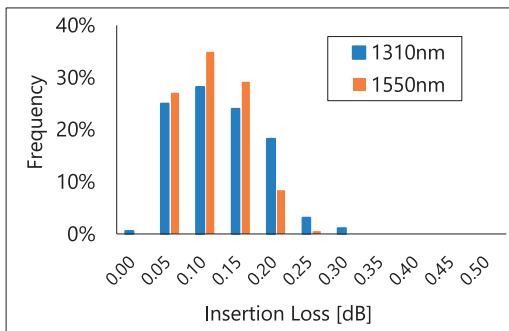


図9 異径クラッドファイバ間の接続損失（12心MPO）  
Fig. 9. Fusion splicing loss between optical fibers having different cladding diameter（12-fiber MPO）.

#### 4.2 160 μmファイバ同士の接続作業性

160 μmファイバSWR同士は、既存の融着接続機に専用のV溝を装着することで一括融着接続可能となる。当社製の融着接続機（90R12）を用いて12心一括融着接続を行ったときの接続損失と作業時間の測定結果をそれぞれ図10、図11に示す。クラッド径を125 μmから80 μmに細径化したことによる融着接続作業性の悪化はなく、従来テープ心線と同程度の時間で接続が可能であることが確認できた。また、図12のようにV溝を交換することが可能であるため、

160 μmファイバ専用の融着接続機を購入する必要はない。さらに、交換用V溝には放電安定化処理をほどこした電極棒がついており、V溝交換後すぐに融着接続作業を行うことが可能となっている。

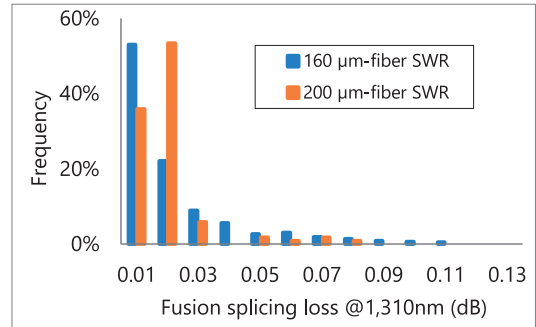


図10 同径ファイバSWR間の接続損失  
Fig. 10. Fusion splicing loss between SWR having same diameter of optical fibers.

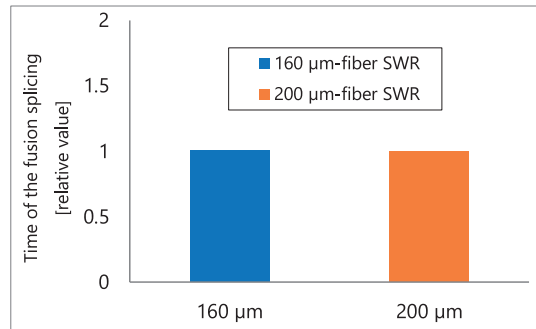


図11 同径ファイバSWR間の一括融着接続作業時間  
Fig. 11. Fusion splicing time between SWR having same diameter of optical fibers.

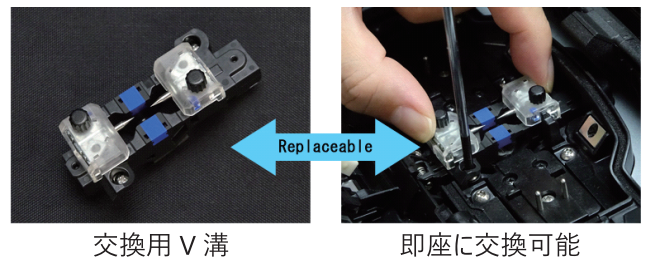


図12 融着接続機（90R12）のV溝交換作業  
Fig. 12. Replacing work of V-groove for fusion splicer（90R12）.

## 5. 光ファイバケーブル

### 5.1 超細径高密度6912心ケーブル（Wrapping Tube Cable®）

ケーブル構造は「Wrapping Tube Cable（以下WTC®）」

表1 6912心WTCの機械特性, 環境特性  
Table 1. Mechanical and Environmental Characteristics of 6912-fiber WTC.

項目	試験条件	結果
低温/高温曲げ	曲げ半径: 15D (D: ケーブル外径) 温度: -30/+60 (°C), サイクル数: 2	< 0.05 (dB) 外被の損傷なし
衝撃	打撃面 R12.5 (mm) 4.4 (J) × 2回, 3箇所	< 0.05 (dB) 外被の損傷なし
側圧	220 (N/cm) 1分後 110 (N/cm) 10分	< 0.05 (dB) 外被の損傷なし
引張	2700 (N), 1時間	< 0.1 (%), 外被の損傷なし
	810 (N), 10分	< 0.05 (%), < 0.05 (dB)
捻回	試験長: 2 (m) 角度: ±90 (°), サイクル数: 10	< 0.05 (dB) 外被の損傷なし
繰り返し曲げ	曲げ半径: 10D (D: ケーブル外径) サイクル数: 25	< 0.05 (dB) 外被の損傷なし
損失温度特性	-40/+70 (°C) サイクル数: 2	< Δ 0.15 (dB/km)
防水	水頭長: 1 (m), 試験長: 3 (m) 24時間後, 水道水	< 3 (m)

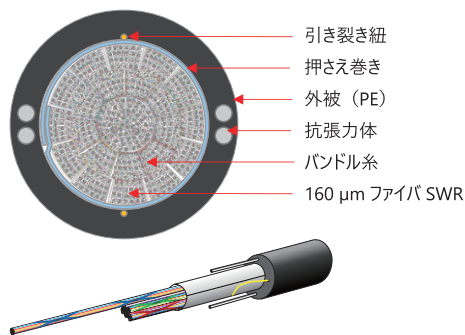


図13 6912心WTCの構造  
Fig. 13. Construction of 6912-fiber WTC.

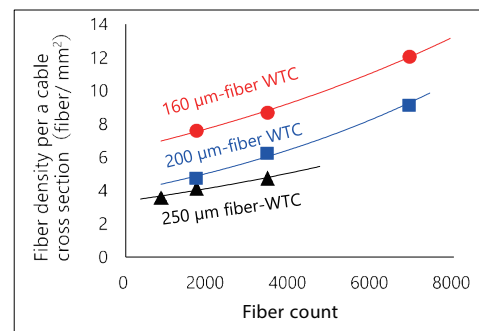


図14 ケーブル心数とファイバ実装密度の関係  
Fig. 14. Relation between fiber count in a cable and fiber packing density per a cable cross section.

と記す)」と呼ばれる, 細径高密度化に適した構造を採用した<sup>9)</sup>. 160 μmファイバを用いて新たに開発した6912心WTCの構造を図13に示す. 12心SWR複数枚をバンドル材で束ねユニット化し, 外周に押さえ巻きをほどこし, 抗張力体を埋め込んだ外被で構成している.

## 5.2 機械特性, 環境特性

6912心WTCの機械特性および環境特性の試験結果を表1に示す. なお, 試験方法はGR-20-CORE Issue4<sup>10)</sup>に準拠し, 測定波長は1550 nmとした. いずれの試験においても良好な特性であることを確認した.

## 5.3 6912心WTCの比較

160 μmファイバ, 200 μmファイバを用いた2種類の6912心WTCの諸元を表2に示す. 160 μmファイバを適用

することでケーブル外径は10%, 質量は24%の削減に成功した. また, 内径1.5インチ管路への充填率も大幅に減少し, 充填率50%を達成した. さらに, ケーブル外径の細径化に伴い, 従来よりも長いケーブルを1枠のドラムに巻くことができる. これはファイバの接続点削減による施工コスト低減にも寄与する.

## 5.4 多心WTCの変遷

これまでに製造した多心WTCのラインナップを表3に, ファイバ心数とケーブル断面積あたりのファイバ実装密度の関係を図14に示す. 光ファイバの細径化に伴い, ケーブル内のファイバ実装密度が向上していることがわかる.

表2 2種の6912心WTCの比較

Table 2. Comparison of two types of 6912-fiber WTC.

項目	200 $\mu\text{m}$ ファイバ	160 $\mu\text{m}$ ファイバ
ケーブル外径 (mm)	30.0	27.0
ケーブル質量 (kg/km)	640	485
ファイバ実装密度 (心/ $\text{mm}^2$ )	9.8	12.1
1.5インチ管路充填率 (%)	62	50
ケーブルの巻き量 (相対値)	1.0	1.7

表3 160  $\mu\text{m}$ ファイバを用いた多心アウトドアWTCのラインナップTable 3. Lineup of high fiber count outdoor WTC using 160  $\mu\text{m}$  fiber.

項目	1728心	3456心	6912心
ケーブル外径 (mm)	17.0	23.0	27.0
ケーブル質量 (kg/km)	210	340	485
ファイバ実装密度 (心/ $\text{mm}^2$ )	7.6	8.3	12.1

## 6. むすび

160  $\mu\text{m}$  ファイバを用いた外径27 mmのアウトドア6912心WTCを開発した。SWR/WTC技術により、従来の200  $\mu\text{m}$ ファイバを用いた6912心ケーブルと比較して、ファイバの実装密度が大幅に向上した。ケーブルの外径と質量の低減に成功し、内径1.5インチ管路へスムーズな敷設が実現可能となる。また、ケーブルの細径化や軽量化に伴うプラスチック材料の削減、生産および輸送における温室効果ガス排出量の低減により、GX（グリーントランスフォーメーション）にも大きく寄与することができる。この革新的なケーブルおよび接続技術は、経済的かつ効率的な光ファイバネットワークの構築に貢献する。

## 参考文献

- 1) Tomoaki Gonohe, et al., “6912F Ultra High Density Optical Cable with 200  $\mu\text{m}$  fiber 16F Rollable Ribbon”, Proceedings of 69th IWCS, 2020
- 2) Takemasa Akiyama, et al., “New Ultra-High-Density UHFC cable for easy installation”, Proceedings of 71st IWCS, 2022
- 3) S. R. Bickham, “Optical Fibers for Short-Reach High-Density Interconnects,” in Proc. Opt. Fiber Commun. Confer., 2019, Paper M3C.1.
- 4) K. Mukasa, T. Mihálffy, and Z. Várallyay, “Optimizations of thin glass diameter fibers,” in Proc. Opt. Fiber Commun. Confer., 2021, paper M3C.1.
- 5) W. Niu, M. Drake, B. R Knowlton, Y. Zhang, A. L Wallace, J.S Stone, Y. Gu, S. D. Hart, H.M de Pedro, A. R. Zakharian, and M-J Li, “Thin-Coated Fibers for High-Density Optical Interconnects,” in Proc. Opt. Fiber Commun. Confer., 2021, paper M3C.2
- 6) H. Sato, et al., “160  $\mu\text{m}$  Coating Optical Fiber with 80  $\mu\text{m}$  Cladding for 1,728 Fiber Cable”, Proceedings of 70th IWCS, 2021
- 7) S. Matsuo, et al., “1,728-Fiber Cable with 12-Fiber Ribbons Comprising 160- $\mu\text{m}$  Coating Fiber with 80- $\mu\text{m}$  Cladding,” in Proc. Opt. Fiber Commun. Confer., 2021, paper M3C.3.
- 8) “Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable,” ITU-T Recommendation G.657, 2016.
- 9) M. Isaji, et al., “Ultra-High Density Wrapping Tube Optical Fiber Cable with 12-Fiber Spider Web Ribbon”, Proceedings of 62nd IWCS, 2021
- 10) Telcordia Technologies Generic Requirements GR-20-CORE issue4, 2013.