

施工性に優れたデータセンター向け 屋外屋内兼用細径6912心光ケーブル

Highly Workable Small-Diameter 6912-Fiber-Count Outdoor/Indoor Cable
Suitable for Data Center Wiring

港 啓介*
Keisuke Minato

中山 周平
Syuhei Nakayama

田中 利勝
Toshikatsu Tanaka

小松 宏一
Koichi Komatsu

下田 雄紀
Yuuki Shimoda

佐藤 文昭
Fumiaki Sato

本稿では、施工性に優れたデータセンター（以下、DC）向け細径6912心Outdoor/Indoor兼用光ケーブル（以下、細径6912心O/Iケーブル）の構造、特性および施工性について述べる。本ケーブルは、従来の200 μ m光ファイバを用いた間欠12心ファイバテープ（以下、間欠12心テープ、商標名Freeform Ribbon）に加え、AI DC等に用いられている16心パラレル伝送に適した間欠16心テープも開発し、細径6912心O/Iケーブルに適用した。そして、ケーブルの細径化を実現するために「X-treme Spacer Cable」と名付けた中心テンションメンバ*¹（以下、TM）型スペーサーケーブルを開発した。本構造は従来のスペーサー型の特長である曲げ方向性がなく、敷設作業性に優れた特長を活かしつつ、細径化を実現した構造である。さらに、高難燃低発煙のLow Smoke Zero Halogen（以下、LSZH）の外被材料も開発し、北米の厳しい難燃規格であるULライザー規格にも合格した。当該ケーブルを使用することでDC光配線の大幅な施工時間短縮、施工コスト削減が見込まれる。

This paper describes the structure, characteristics, and workability of the highly workable small-diameter 6912-fiber-count outdoor/indoor cable designed for data center (DC) applications (small-diameter 6912-fiber-count O/I cable). This cable incorporates the conventional 200 μ m fiber with a 12-fiber Freeform Ribbon, and a 16-fiber Freeform Ribbon suitable for parallel transmission used for AI and in data centers. To achieve a smaller diameter, we developed a central tension member (TM)-type spacer cable named “X-treme Spacer Cable.” This structure eliminates the bending directionality, which is also a characteristic of conventional spacer types, while successfully achieving a reduction in diameter and making the most of its excellent installation workability. Having a non-preferential bend axis, this cable can easily be installed in space-constrained areas. Additionally, we developed a highly flame-retardant and low-smoke outer jacket material called Low Smoke Zero Halogen (LSZH), which has passed the stringent UL riser fire safety standards in North America. The use of this cable is expected to significantly reduce installation time and costs for DC optical wiring.

キーワード：超多心、O/Iケーブル、間欠16心テープ、Xスペーサー、ケーブル施工性

1. 緒 言

近年、生成AIやクラウドコンピューティングの進展を背景に、世界各地で大規模DCの建設が進んでおり、伝送容量の増大に伴い、AI DC間を接続する超多心、高密度光ファイバケーブルの需要が高まり、消費電力と建設コストの低減が求められている。また、経済的な敷設のためには、光ケーブルの接続点を減らすことが効果的であるが、従来は建物の火災対策のため、屋外の非難燃光ケーブルを直接屋内に引き込むことができず、DC入口に光クロージャもしくは光接続箱等を設置して、屋内用の難燃光ケーブルと接続する等が必要であった。そこで、今回は屋外屋内兼用の光ケーブルとして、高難燃光ケーブルを適用することで、**図1**のように屋外での接続点を減らすことができ、大幅な施工コストや施工時間の短縮が見込まれる。

さらに、昨今増加しているAI DCではGPU同士の膨大な接続が必要であり、低遅延/省電力を考慮して、波長多重伝送（WDM）トランシーバーを用いず、400Gbpsや800Gbpsの8心双方向の平行伝送で16レーンが求め

られるため、従来の12心単位のテープではなく16心テープを使用することが有効である。以上の背景から、当社は間欠16心テープを含む超多心O/Iケーブルを設計開発した。今回は細径6912心O/Iケーブルの構造、特徴と、施工性の特長について述べる。

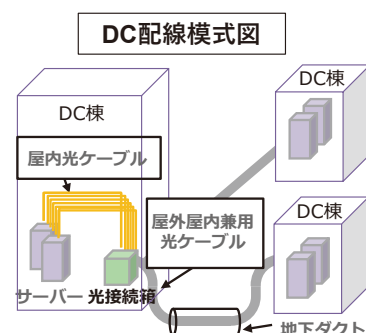


図1 DC配線模式図

2. 間欠16心テープ構造と接続技術

2-1 間欠16心テープ構造

今回は従来の200 μ m光ファイバを使用した間欠12心テープに加え、新たに間欠16心テープを開発し、ケーブルに適用した。当社間欠16心テープの構造と特徴を図2に示す。

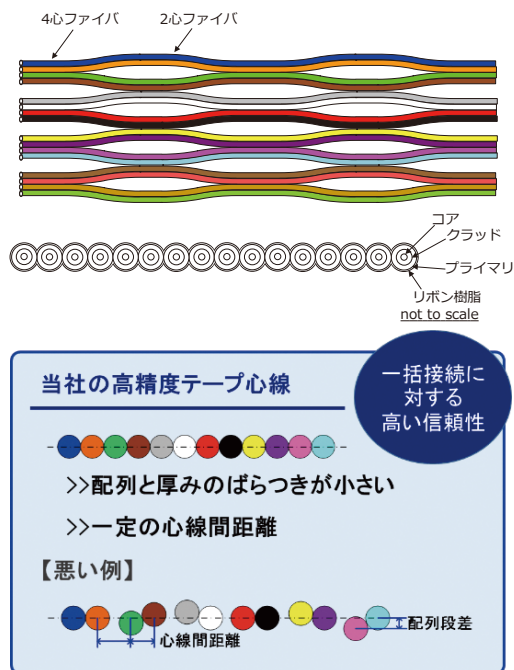


図2 間欠16心テープ構造と当社間欠テープの特徴

今回用いた光ファイバ心線は外径200 μ mであり、国際標準のITU-T G.657A1に準拠する耐曲げ光ファイバを用いた。

間欠16心テープは12心型と比較して、テープ枚数を減らせるため、超多心光ケーブルにおける全心の融着接続数を3/4に減らすことができ、施工時間短縮が見込まれる。一方、間欠16心テープは間欠12心テープと比べて、一括融着時のV溝に配置するためにテープを整列させるための難易度が高くなるが、当社間欠テープ心線は2心毎に間欠的に接着させることで図2に示したように高精度な配列と柔軟性を両立させており、この特長を16心テープ心線にも適用することで、一括融着接続の容易な作業性とケーブル特性を考慮したテープ心線の柔軟性を両立する構造を実現させることができた。

2-2 間欠16心テープ接続技術

今回開発した200 μ m間欠16心テープの一括接続技術も開発した。図3に多心融着機とアクセサリをの写真を示す。

間欠16心テープ心線は心線径200 μ mを16心並べた構造となっており、従来の250 μ m心線の12心テープとテープ

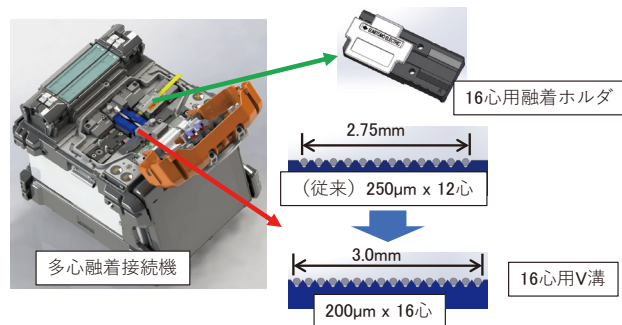


図3 200 μ m間欠16テープの融着機概要

幅の大差なく、従来の融着接続機で対応可能である。図3に示したように16心用の融着ホルダと専用のV溝を用いることで、既存の多心融着機を活用した接続が可能である。

図4に今回開発した200 μ m間欠16心リボン同士の一括融着ロスの測定データを示す。

図4に示したように従来12心テープと比べても遜色なく、低い接続ロスを実現できることを確認した。

一方、コネクタに関して、16心単位のリボンにすることにより、図5に示したような32心コネクタ等の多心コネクタの適用が容易になる。当該多心コネクタを用いることデータセンター引き込み部での光接続パネル等の高密度化も容易になることで省スペース化や省電力化にも貢献できる。

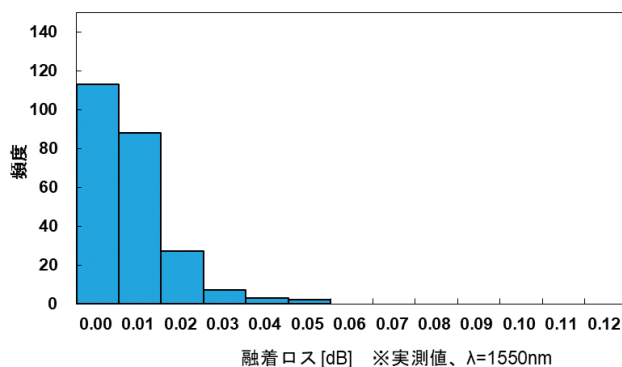


図4 200 μ m間欠16テープの一括融着ロスデータ

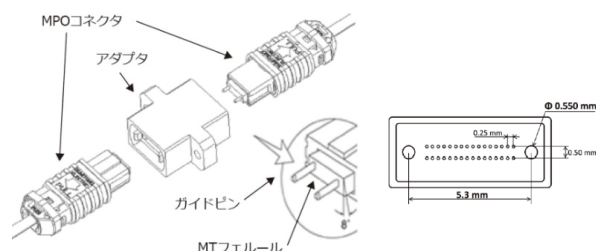


図5 32心MPOコネクタ^{※4}の概要

3. 細径6912心O/Iケーブル構造と特性評価

図6に今回開発した細径6912心O/Iケーブルの構造を示す。

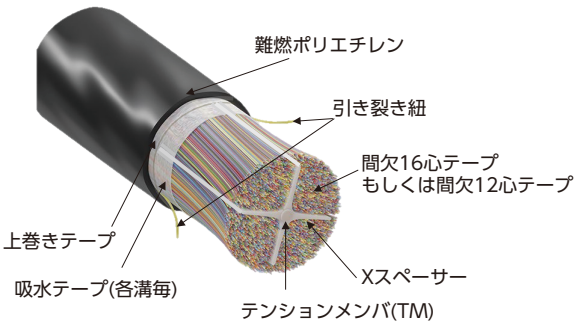


図6 細径6912心O/Iケーブル構造

従来の6912心光ケーブルと同様に、コアの中心に繊維強化プラスチック（FRP）製のTMを貫通させることで、全方向への高い柔軟性を確保するスペーサーケーブル構造を採用した。図7に従来の3456心O/Iケーブルとの比較を示す。従来の3456心O/Iケーブルは6溝型且つ外被は従来型の難燃ポリエチレンを用い、外径34mmの構造であったが、今回は4溝スペーサー構造を採用し、さらに細径ファイバや新規開発した高難燃性を有する難燃ポリエチレンを適用することで、従来外径以下の直径32mmで2倍の心数の6912心を達成することができた。当該ケーブルを用いることで従来3456心と同様の地下ダクトに2倍の心数を敷設することが可能となった。

上記の図7に記載した難燃ポリエチレンは北米の厳しい難燃規格であるライザー燃焼試験（UL1666）に合格するため、従来材料対比で約20%難燃性を向上させた組成とし、さらに十分な機械強度と押出加工性を備えた新しいLSZH

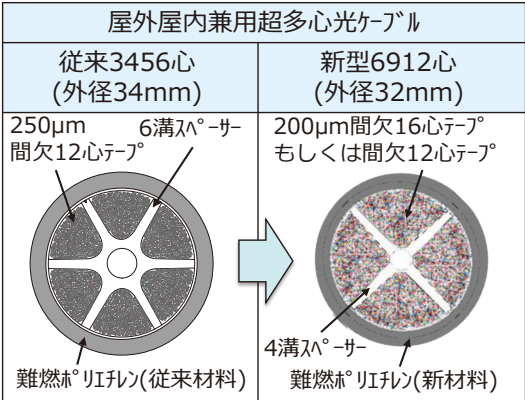


図7 超多心O/Iケーブルの構造比較

材料を採用した。この材料を用いた細径6912心O/Iケーブル試作品を用いて、図8に示すようなUL1666の多条燃焼試験を実施した。

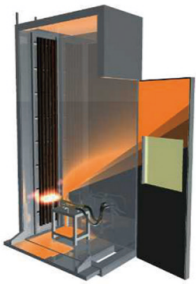


図8 UL1666ライザー燃焼試験模式図

UL1666のライザー試験結果を表1に示す。規格値に対して、十分余裕が有る結果で合格することを確認した。

さらに開発したケーブルの特性評価を行った。項目は米国規格EIA/TIAに準じた試験を行い、表2に示すように各項目で良好であることを確認した。

表1 開発ケーブルにおけるUL1666燃焼試験結果

項目	規格値	試験結果
最大燃焼高さ (cm)	366以下	○ (183)
燃焼中最高温度 (℃)	454.4以下	○ (226)

表2 細径6912心O/Iケーブル特性評価結果

項目	試験条件	結果
引張特性	EIA/TIA-455-33 張力：2670N（敷設時） ：800N（敷設後） マンドレル径：≦40×ケーブル外径 負荷時間：1時間（2670N） ：10分（800N）	良好
側圧特性	EIA/TIA-455-41 220N/cm×1分負荷後、連続して100N×10分負荷	良好
繰返し曲げ特性	EIA/TIA-455-104 マンドレル径：20×ケーブル外径 サイクル数：25 サイクル速度：1サイクル/分	良好
捻回特性	EIA/TIA-455-85 長さ：≦2m 捻回角度：±180°	良好
衝撃特性	EIA/TIA-455-25 衝撃エネルギー：4.4N・m 回数：2回×3箇所	良好
損失温度変動	EIA/TIA-455-3 温度：-40～+70℃ サイクル数：2	良好
防水特性	IEC60974-1-22-F5C FOTP-82 走水長：40m	良好
燃焼特性	UL1666	良好

4. 細径6912心O/Iケーブル布設作業性

4-1 ケーブル牽引評価

今回開発した細径6912心O/Iケーブルを用いて、施工性を確認するため、厳しい牽引条件でケーブルにダメージが生じないか検証実験を行った。工事業者の協力を得て、図9に示すような実験系を用いたキャプスタン牽引実験を行った。

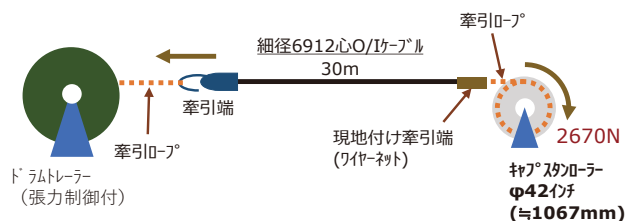


図9 ケーブル牽引実験概要

図9の試験系において、高温直射日光の下、仕様上の最大許容張力2670Nで小径キャプスタンにケーブルを巻き取る実験を行ったが、ケーブル外被への損傷は見られず、図10のように試験後のケーブル外径や外被マーキングのズレは問題ないことを確認した。



図10 牽引試験後の細径6912心O/Iケーブル寸法確認

4-2 ケーブル余長収納評価

次にケーブルの通線性および余長収納性評価を行った。

図6に示したように、細径6912心O/Iケーブルのスペーサー型構造は、TMがケーブルの中心に配置されているため、他社の超多心ケーブルのように外被の両側にテンションメンバを有する構造と比較し、曲げ方向性がなく限られたスペース内に余長を収納する作業の際などに取り扱いが容易である。図11に示すようにマンホール収納等を想定したケーブル収納性評価でも細径6912心O/Iケーブルは捻じれなく、収納できることを確認した。

さらに屋内の配線ルートでは図12に示したように、ケーブルに水平方向と垂直方向の3次元の曲げが加わるケースが多い。そのため、従来の両側TM構造では捻回の力が加

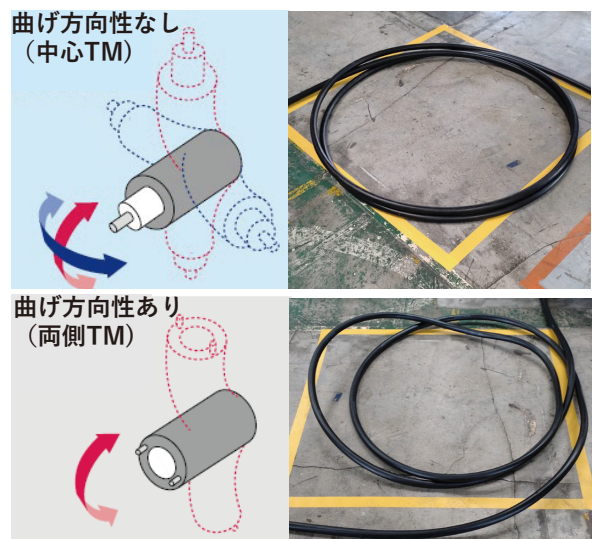


図11 ケーブル余長収納性比較

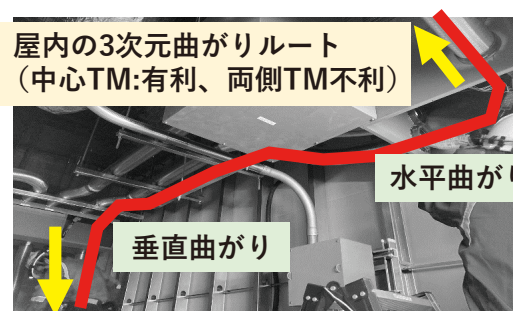


図12 屋内3次元配線におけるケーブル得失

わり、伝送特性が悪化するケースがあるが、中心TM型であれば曲げ方向性がないことで、良好な特性が維持できるメリットがある。

4-3 ケーブル施工時間比較

今回開発した細径6912心O/Iケーブルについて、施工上のメリットについて試算を行った。図13は各施工パターンにおける施工日数の試算データを示す。試算した前提と

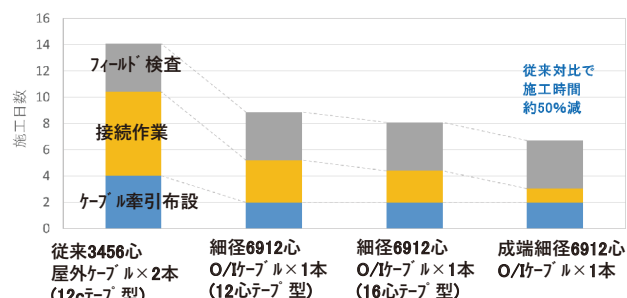


図13 各種超多心光ケーブルにおける施工日数試算

して、長さ1,500mの超多心光ケーブルを既設2インチ管にケーブル牽引布設することを想定し、従来型光ケーブルは両端接続、O/Iケーブルは接続点を1箇所減らせるため、片端のみ接続という前提で行った。さらに16心テープ型や予め工場で両端コネクタ付けを行った成端光ケーブルも試算を実施。

図13に示したように、従来3456心屋外ケーブルを2本布設するケースと比較して、今回開発した細径6912心O/Iケーブルを1本布設するケースでは、牽引布設時間および接続数減により、施工日数を約40%削減できる見込みである。さらに工場コネクタ付の成端ケーブルにすることにより、従来比約50%の施工日数削減が期待できる。

5. さらなる超多心ケーブルの開発

今回開発した細径6912心に加えて、さらに2倍の心数の13824心O/Iケーブルの設計、開発も行った。図14はケーブル心数と心密度の関係を示したグラフである。

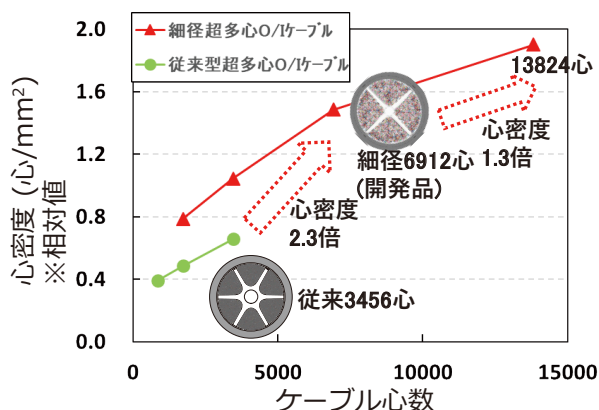


図14 超多心O/Iケーブルの心密度推移

今回開発した細径6912心の設計思想を活用することで、既存ケーブルの外径の範疇で13824心O/Iケーブルを実現できる見通しを得た。

上記の13824心O/Iケーブルを適用することで、既存ダクトで従来から約3倍の心密度を実現することができ、さらなる施工効率化が期待できる。

6. 結 言

今回我々は、DC間を繋ぐ屋外／屋内ダクトに敷設される光ケーブルに関して、高密度化と施工性を両立できる細径6912心O/Iケーブルを開発した。AI DCに適した間欠16心テープを開発すると共に、X-treme Spacer Cableと名付けた中心TMのX型スペーサー構造を適用することで、

曲げ方向性なく、施工上のケーブル収納性や屋内3次元曲がりにも適した特長を有することを確認した。さらにケーブル端末に予め工場が多心コネクタを取り付けた成端型や6912心の2倍の心数である13824心ケーブルも開発することで、大幅な施工時間の削減が見込まれる。

用 語 集

※1 テンションメンバ

布設時に光ファイバに加わる張力を緩和する動きをする物。抗張力体。

※2 MPO コネクタ

Multi-fiber Push-on コネクタの略称で、光ファイバをPC接続技術により結合する多心光ファイバコネクタ。

- ・Freeform Ribbonは住友電気工業㈱の登録商標です。
- ・X-treme Spacer Cableは住友電気工業㈱の登録商標です。

参 考 文 献

- (1) F. Sato, et al., "Ultra-High-Fiber-Count and High-Density Slotted Core Cable with Pliable 12-Fiber Ribbons," Proceedings of the 65th IWCS Conference, 2016 (14-5)
- (2) F. Sato, et al., "Designs and Characteristics of New UHFC Cables with Freeform Ribbons," Proceedings of the 67th IWCS Conference, 2018 (10-3)
- (3) F. Sato, et al., "New HFFC cable solution with free form ribbons for easy installation," Proceedings of the 69th IWCS Conference, 2020 (6-2)
- (4) 佐藤 他、「間欠接着型テープを用いた超多心、高密度スロット型光ケーブル」、SEIテクニカルレビュー189号 (2016)
- (5) 佐藤 他、「データセンタ向け超多心光ファイバケーブル」、SEIテクニカルレビュー192号 (2018)
- (6) T.Sasaki, et al., "Ultra-high fiber count and high-density cables, deployments, and systems," Proceedings of the IEEE Vol.110, No.11 (November 2022)

執 筆 者

港 啓介*：光通信事業部



中山 周平：光通信事業部



田中 利勝：光通信事業部



小松 宏一：光通信事業部 主席



下田 雄紀：光通信事業部 グループ長補佐



佐藤 文昭：光通信事業部 グループ長



*主執筆者