

社会インフラに貢献するケーブル及びフレキシブル基板

梶塚 秀治 堀中 拓郎
小川 雄平

私たちの生活基盤を支えるインフラ設備や産業機器では通信速度の高速化や耐久性など高い性能や信頼性が求められている。本稿ではこれらの要求に応え、様々な場面で活躍、貢献している当社の光ファイバーケーブル、モールドケーブルとフレキシブル基板について紹介する。

光ファイバーケーブル

当社の光ファイバーは光を伝送するコア部が石英ガラス、光を全反射しコア内に閉じ込めるクラッド部がUV樹脂で構成されたHPCF (Hard Plastic Clad Fiber) と呼ばれるもので、一般的な全石英ファイバーと比べてコア径が大きく、機械的ストレスや環境変化に強い特長がある。この光ファイバー技術を応用、適用した一例を紹介する。

(1) 電力設備用光ケーブル

発電設備で生産された電力を安全かつ正確に制御するためのケーブルの1つとして、電力設備用光ケーブルが使われている(写真1)。



写真1 電力設備用光ケーブル

発電した電力を一定の電力に制御し、送電するための装置として主に光サイリスタバルブ装置が使われている。光サイリスタバルブとは、光信号によりON-OFFする複数のサイリスタ素子を直列あるいは並列に接続し、電力を制御する整流器で、この光サイリスタバルブのON-OFF制御に光ケーブルが使われている。

光サイリスタバルブは数十万ボルトと非常に高い電圧

を扱うため、一般的な光ケーブルではリーク電流やコロナ放電などの不具合が発生してしまう。そのため対策としてケーブル素材に体積抵抗率が高く、誘電率の低い特殊な樹脂を使用した。また、コロナ放電は急激に形状が変化する場所に発生しやすいため、コネクタ分岐部を段差の無いデザインにした。更に従来はケーブルを1心ずつ布設していたが、6心まとめて布設する構造とし、布設工数を大幅に削減した高機能で経済性に優れた独自の光ケーブルである。

(2) ETC用光メタル複合ケーブル

ETC(電子式料金自動收受システム)は車に搭載されたETC車載器の情報を料金ゲートに設置された無線通信アンテナで読み取り、利用料金を徴収するシステムで、この無線通信用アンテナと制御装置間の信号伝送に当社の光メタル複合ケーブルが使用されている(写真2)。

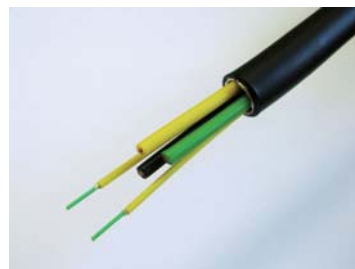


写真2 ETC用光メタル複合光ケーブル
(長い2本が光ファイバー、短い3本がメタル電線)

料金ゲート周辺はノイズがひどく、かつ移動する車と瞬時に通信する必要があることから、ノイズの影響を受けず、高速通信が可能な光伝送としている。またアンテナ装置を駆動させるための電力も必要で、従来は光ケーブルと電力ケーブルを別々に布設していたが、管理が煩雑になることから、光ファイバーとメタル電線を1本のケーブル内に構成した光メタル複合ケーブルを開発した。これによりシステム管理の簡素化と布設費用を大幅に削減した。更に大半のETCアンテナは屋外の直射日光や風雨に曝される過酷な場所に設置されているため、ケーブル被覆の内側に水や湿気を通しにくい

アルミラミネートテープを溶着して防水性能を高め、耐久性と経済性を両立させた高性能複合ケーブルである。

(3) 車両検知センサー用光ファイバーカプラー

私達の回りには様々なセンサーが張り巡らされている。その中の1つに車などの交通状態を検知する車両検知センサーがあり、このセンサーに沖電線の光ファイバーカプラーが使用されている(写真3)。

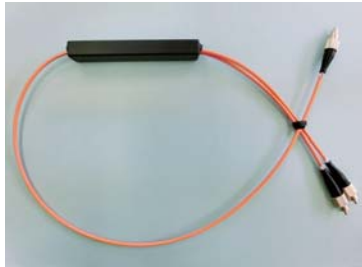


写真3 光ファイバーカプラー

光ファイバーカプラーとは、1つの入力光を複数に分岐、あるいは複数の入力光を1つに結合する光学製品である。

このセンサーはレーザーを発する発光器と、そのレーザーを受ける受光器からなり、発光器と受光器の間にレーザーを飛ばし、レーザーが遮られた時間を計測することにより交通状態を把握することができる。センサーには部品故障に備えて主回線と予備回線の2系統があり、この回線切替部に光ファイバーカプラーが使用されている(図1)。

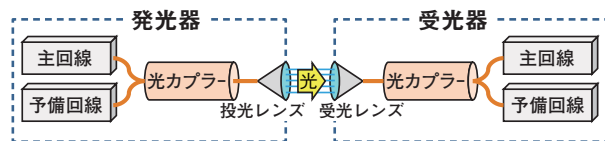


図1 車両検知センサーの概要図

発光器と受光器の間は長いものでは40~50m離れており、強い光を空間伝播する必要があるため、他社では類の無いコア径が400μmの大口径ファイバーを使用している。またセンサーが設置される場所は温度や振動などの環境条件が厳しいため、光ファイバー結合部には温度変化や機械的ストレスに強い独自の結合方式を採用したことにより、大幅に保守交換回数を減らすことができた耐久性の高い光ファイバーカプラーである。

(4) オイルリークセンサーケーブル

国内には複数の石油備蓄基地があり、国と民間合

せて約8,000万kl(約200日分)の石油が貯蔵されている。この備蓄タンクから地震等の自然災害や老朽化などによる石油漏れを監視する装置に当社のオイルリークセンサーケーブルが使われている(写真4)。



写真4 オイルリークセンサーケーブル

この監視装置に光ファイバーが使われている理由は、石油は引火性があるため電気式のセンサーを使うことができず、さらに劣化や腐食することなく長期にわたって検知機能を維持する必要があるためである。

光ファイバーの表面には油を検知する特殊加工を施しており、この部分に油が付着するとそこから光が漏れ出し、光量が減衰することで油付着を検知する構造となっている(図2)。

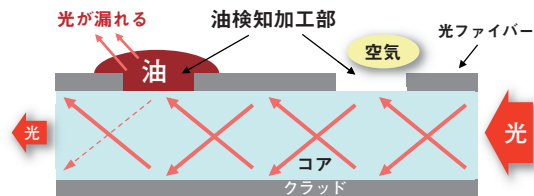


図2 光ファイバーの構造と油検知の原理

更に検知感度を高めるため光ファイバーを複数本使い、ケーブル内に油が侵入し易いよう複数の穴が開いたラダー状のテープで光ファイバーを保持した高性能光ファイバーセンサーである。

モールドケーブル

モールドケーブルとは、ケーブルやコネクタ上に樹脂を射出成形したもので機能性とデザイン性を兼ね備えた商品である。コネクタおよび筐体からのケーブル引出し部を保護できるので屈曲性が向上する。さらにコネクタの小形化ができ、コネクタからのケーブル引出し方向の自由度が高いなどの特徴をもつ。今回、3Dプリンターを活用した簡易樹脂型モールド工法を開発し、

特に商品開発期間の短縮要求が強い医療機器やFA機器用のモールドケーブルに適用し、商品の設計期間や評価期間の短縮を図った。本項では一例を紹介する。

(1) 簡易樹脂型モールド工法

簡易樹脂型モールド工法とは、3Dプリンター造形による樹脂型を使用した射出成形モールドである。樹脂型に求められる特性は、塩化ビニルやポリプロピレン樹脂の射出成形温度（約180℃）への耐熱性と、曲面や勾配面に対して平滑な造形精度が必要となる。当社は高耐熱樹脂（耐熱約190℃）の造形ができ、高精細な造形（積層解像度10μm）に優れた光造形方式の3Dプリンターを導入、運用している。

モールド型は、樹脂型の成形キャビティー部と、鋼材製のベース金型で構成し、カセット方式（共用のベース型1つに多種の樹脂型を換装）にすることで、多品種への試作に対応することができ、金型費の低減に非常に効果がある。モールド試作プロセスを図3に示す。

- ①商品3Dデザインデータから樹脂型を3Dデータ化
- ②3Dプリンターで樹脂型を造形
- ③ベース金型組込み後、モールド成形

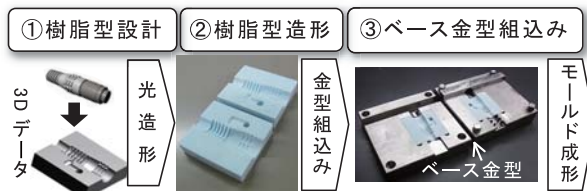


図3 モールド試作プロセス

(2) 簡易樹脂型モールドの品質と利点

樹脂型で成形されたモールド表面は、非常に滑らかな仕上がりで、外観デザインの凸凹形状はくっきりした輪郭が成形できている。金型成形品に比較しても、十分な美観を得ることができる（写真5）。



写真5 丸形コネクタ付ケーブルのモールド成形例

樹脂型は商品の3Dデザインデータがあれば、即日に造形することができ、従来の試作金型に比較した場合、工期は1/6以下、試作費は1/3以下を実現できる。

また、試作途中での設計変更にも即時に対応できる。

尚、樹脂型は1型当たり約50回の成形ができる。

(3) 医療機器用モールドケーブルの適用例と効果

医療機器では実機評価に多くの時間を要するため、特に評価用サンプルの短納期要求が強い。モールドケーブルには耐薬品性と共に静電気保護対策が要求される。ノイズ対策用の金属シェルが露出するコネクタの場合など、個別にコネクタカバーを製作し絶縁保護する必要がある。本例は簡易樹脂型モールドで、コネクタカバー部品とケーブル上に成形されるブッシングを試作した例である（写真6）。成形サンプルを7日程度で試作でき、コネクタカバーの装着性や柔軟性、ブッシングの屈曲特性などを直ちに評価し反映させることができる。

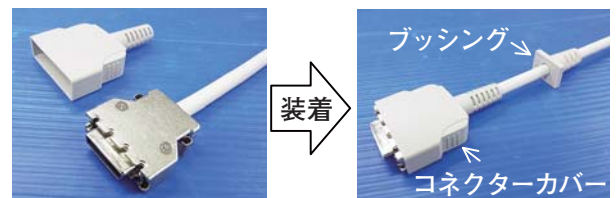


写真6 生体情報モニター用ケーブル試作適用例

(4) FA機器用モールドケーブルの適用例と効果

FA機器では機器の小型化に伴い、特に省スペース化設計の要求が強い。モールドケーブルにはコネクタの小型化や、コネクタからケーブルを横方向に引出したモールド構造が要求され、実現するためには多くの試作による設計検証が必要である。本例は簡易樹脂型モールドによるコネクタの小型化例である（写真7）。成形試作が5日程度ででき、検証を重ねた結果、実装スペース制限内で机上計算上の限界まで小型化した設計を実現でき、標準的なモールド寸法の2/3以下に小型化することができた（当社比）。

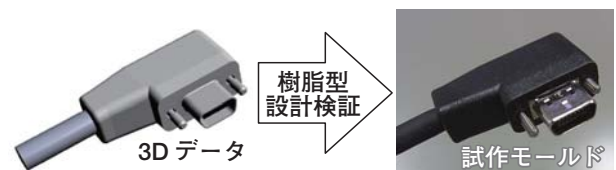


写真7 FA機器用ケーブルの設計適用例

フレキシブル基板

医療機器は、人々の生命を守るために使用され、更なる高機能化を目指し、日々進化を遂げている。高機能化への取組みの一つとして、患者への負担を減らす

等を目的とした小型軽量化が挙げられる。当社では、軽薄で柔軟な配線材であるフレキシブル基板 (FPC) を設計、製造しており、医療機器分野にも、多くのFPCの納入実績がある。本項では、ウェアラブルEITと内視鏡への適用及び当社の特徴的なFPCについて紹介する。

(1) ウェアラブル EIT

近年注目の集まっているウェアラブル医療機器分野において、ウェアラブルEIT (EIT=Electrical Impedance Tomography、北里大学様 研究開発品) に当社のFPCをご採用頂いた (写真8)。



写真8 ウェアラブル EIT (北里大学様 提供品)

ウェアラブルEITは胸部に巻きつけて人体の電気インピーダンスの変化を画像化し、肺の病態や異常を簡易的に解析する医療機器である。寝たきりで移動困難な患者への使用も想定されることから、患者への負担を軽減するために軽薄で柔軟な配線材が望ましい。またウェアラブルEITは胸部に巻きつけて使用するため配線長としては1m程度が必要となる。なおウェアラブル医療機器は着用する部位によって様々なタイプの機器が存在し、必要な配線長も様々であるが、一般的なFPCメーカーでは最大長0.5m程度が製造限界であるため、要求される配線長によっては、対応できない場合がある。一方当社では独自の技術によって最大100mまで長尺のFPCを製造可能であるため、本件のみならず、あらゆる配線長にも対応できる。

(2) 内視鏡

内視鏡は人体内部を観察するための医療機器である。人体内部への挿入方法は口や鼻等、複数あるが、いずれの方法でも、患者への負担を低減させる等の理由から、小径かつ軽量であることが望ましい。また先端部には病巣を観察するための撮像素子等が搭載されており、内視鏡内部には電力や信号を送るための配線材がひしめき合っている。そこで、内視鏡の小径軽量化を実現

するために、軽薄で柔軟なFPCを内視鏡内部の配線材として適用する方法が考えられる。だが、内視鏡は人体内の複雑な経路を通過しつつ、進入していくため、フィルム状の平坦なFPCでは内視鏡の挙動に追従することができず、可動配線としての適用が困難という問題があった。しかし、当社が開発した立体形状FPC (スパイラル形状) であればケーブルのように可動性が多方向になり、内視鏡の複雑な挙動へ追従できるため、内視鏡へも適用できる (写真9、10)。なお立体形状FPCは任意の形状を付与することで様々な可動形態への対応を実現したFPCである。今回紹介したスパイラル形状以外にも、蛇腹形状やゼンマイ形状等の自由な立体形状が実現でき、従来のFPCやケーブル等では適用が困難だった機器の小型軽量化が実現できる。



写真9 立体形状 FPC (スパイラル形状)

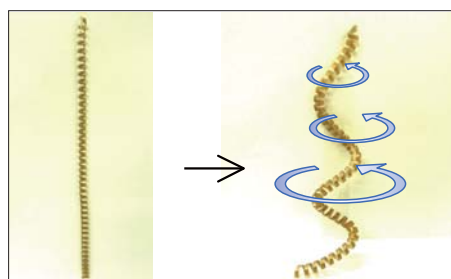


写真10 可動性の多方向例

おわりに

沖電線ではインフラ設備等の要求に応える多様な商品群を取り揃えている。またカスタム要求にも積極的に対応できる開発体制により、今後も社会インフラに貢献できる商品を提供していく所存である。◆◆

● 筆者紹介

梶塚秀治: Hideharu Kajizuka. 沖電線株式会社 電線事業部 電線技術部

堀中拓郎: Takuro Horinaka. 沖電線株式会社 電線事業部 ワイヤハーネス部

小川雄平: Yuhei Ogawa. 沖電線株式会社 FPC事業部