

光ファイバー試験のベスト・プラクティスと トラブルシューティング

～～ 適切な光配線システム試験の実施と障害対応のトラブルシューティング・ツール ～～

目次

1. はじめに	2
2. 光ファイバー・テストのベストプラクティスが重要な理由	2
3. 考えられる障害の原因	2
4. ベストプラクティス 1: 光ファイバーの検査とクリーニング	3
5. ベストプラクティス 2: 光ファイバーの損失/長さ試験 (Basic/Tier 1 認証)	4
【解説 1】: ビジュアル・フォルト・ロケーター	5
【解説 2】: 光源およびパワー・メーター (LSPM) と光損失測定試験セット (OLTS)	6
6. ベストプラクティス 3A: 光ファイバー配線施設の性能測定とトラブルシューティング (Tier 2/拡張認証)	7
【解説 3】: 光パルス試験器 (OTDR) による高度なトラブルシューティング	8
【解説 3】: オプティカル・フォルト・ファインダー	15
7. ベストプラクティス 3B: 屋外配線施設の光ファイバー性能とトラブルシューティング (Tier 2/拡張認証)	16
8. ベストプラクティス 4: 文書化	17
9. フルーク・ネットワークスの光ファイバー試験およびトラブルシューティング用機器	19
10. まとめ	19

フルーク・ネットワークス

バージョン A, 20211021

1. はじめに

LC/MPOカセットのような低損失光ファイバー・コンポーネントの導入に伴い、最大許容損失バジェット(テスト・リミット値)はますます小さくなりつつあります。その結果、敷設業者は光ファイバー試験に関する従来の方法や予測はもはや当てはまらないことに気づき始めています。コンサルタントやケーブル製造会社も同様に、規格ではなく、コンポーネントのパフォーマンスに基づいた最大許容損失バジェットを規定し始めています。テストを実施する上で許容できる余裕はもはや消え去りました。敷設業者は、時流に取り残されないようにテスト機器や手順を評価し直す必要があります。

2. 光ファイバー・テストのベストプラクティスが重要な理由

有線または無線接続なしで 1 日を過ごすことなど、わたくしたちの今日の生活では考えられなくなりました。お使いのデバイスで Wi-Fi にアクセスできない。建物内のカメラやスクリーン、その他のデバイスに接続するためのワイヤレス・アクセスポイントがない、コミュニケーションのための電子メールやチャット機能も使えなくてはもはや日常が成り立たない世界にわたくしたちは暮らしています。

このような状況にあって携帯電話や無線 LAN は、水道や電気、ガスと同じように日常生活に欠かせないものとなっています。ネットワークへの接続性がなければ、私たちの生活を送ることが難しくなり、多くのシステムが正常に動作しなくなるため、まさに通信が停止してしまうダウン・タイムは絶対に避けなければなりません。

このように、5G 通信や IoT のさらなる普及をはじめとする将来的な通信データ量の増大と高速化が予測される中、有線や無線 LAN を支えるテクノロジーを集約した高速・大容量光ファイバー通信インフラへのニーズが際限なく広まろうとしています。

スポーツ・スタジアム、エンターテインメント会場、放送環境、データ・センター、あるいは電磁干渉を避けなければならない自動化工場や交通運輸など主要な分野の光ファイバー・インフラにおいて、ひとたび障害発生によるダウン・タイムが生じるとその損害は甚大なものとなります。したがって、障害発生時のコストのかかる敷設業者や請負事業者の呼び出し、ネットワーク技術者のトラブルシューティング時間、不要なネットワーク・ダウンタイムを最小限に抑えることが必須です。

そのため、信頼性の高い常時接続の有線および無線接続を確保するために、これまで以上に光ファイバー配線システムに対する適切な敷設・試験・トラブルシューティング・保守のベスト・プラクティスの実施が求められており、光ファイバーを取り扱う上でも細心の注意を払わなければなりません。

本ホワイト・ペーパーでは、光ファイバー配線システムの最大の障害発生要因であるファイバー端面の検査・クリーニングから損失/長さ試験、光ファイバー配線の性能測定およびトラブルシューティング、さらには測定結果を文書化するための手法と使用すべきツールを解説します。

3. 考えられる障害の原因

光ファイバー・リンク内の問題はさまざまな原因で発生します。コネクターの不完全な装着はよく見られる問題ですが、配線の密集したパッチ・パネルでは問題の検出が困難なことがあります。または IEC PAS 61755-3 規格で定義されているパラメーターに適合しない不適切な端面形状（研磨の角度、光ファイバーの高さ、曲げ、または頂点のずれなど）といった、コネクタ自体の品質が原因である可能性もあります。

より一般的な原因は、不適切なフィールド成端処理によるエア・ギャップ、高挿入損失、コネクタ端面の傷、欠陥、汚れです。実際、光ファイバー障害のその主な原因は汚れです。埃、指紋、その他の油性物質は大きな損失につながるだけでなく、コネクタ端面が永久に損傷することもあります。

問題は、不完全な融着接続、接続箇所での軸ずれ、または誤った極性によっても発生する可能性があります。ケーブルの配線管理を怠るとコネクタに負荷がかかって、軸ずれの原因となったり、コネクタが正しく装着/嵌合されなかったりすることもあります。コネクタまたはアダプターのラッチ部分が摩耗あるいは損傷していることが、原因の場合もあります。リンク自体の内部で光ファイバーのマイクロベンドまたはマクロベンドが発生している可能性や、光ファイバーの一部が破損している可能性もあります。

ケーブル配線システムの全体的な設計が、光ファイバー・リンクの挿入損失や性能問題の原因であることもあります。高品質のコネクタを使用し、汚れもなく適切に成端されていても、チャンネル内のコネクタ数が多すぎると、アプリケーションの損失値が仕様を超える場合があります。マルチモード・ファイバーの距離制限を超えた場合も同様で、モード分散が大きくなります。

4. ベストプラクティス 1: 光ファイバーの検査とクリーニング

(1) 実施のタイミング

光ファイバーを接続する前に必ず行います。

(2) 実施する理由

端面の汚れは、光ファイバー配線の通信障害を引き起こす第 1 の原因ですが、これは簡単に防止することができます。キズ、へこみ、ひび割れ、またはガラス片の付着などの端面の損傷は、光ファイバー・ネットワークの停止を引き起こしますが、これは多くの場合、終端処理の不手際や嵌合時の汚れが原因です。

(3) 使用すべき機器

- ① リアルタイム端面画像表示用オートフォーカス/自動センタリング機能付き、ビデオ・カメラ。
- ② シングルエンド・ファイバーに対して、ファイバー端面の自動合格/不合格の受入テストに対する業界標準規格 IEC 61300-3-35 に基づく認証試験機能があること。
- ③ MPOの端面検査に対して、全端面を可視化できる機能と個々の端面にズームインできる機能があること。
- ④ 端面およびポートに対する様々なクリーニング用キット

(4) 検査およびクリーニング手順

- ① 光ファイバー端面検査カメラを使用して、光ファイバーの端面（またはポート）を検査して、汚れがないことを確認します。
- ② Quick Clean クリーナーでほこりを除去します。
- ③ 皮膚との接触により油やグリースが付着している場合は、以下の「ウェット」手順を使用します。
 - 溶剤を湿らせた布(または綿棒)を汚れた端面に軽く押し当てます。
 - 光ファイバーの端面をドライ・ワイプにあてて垂直に拭きます。
 - 光ファイバーの端面(またはポート)をビデオ・マイクロスコープで再検査し、汚れが完全に取り除か

れたことを確認します。

- 汚れがまだ見える場合は、上記手順を繰り返してください。

- (5) フルーク・ネットワークスの光ファイバー検査およびクリーニング・ソリューション
画像を<クリック>すると製品ページをご覧ください。



[「 NFC-KIT-CASE-E 」 - Quick クリーン・クリーニング・キット](#)



[FI-500 ファイバー・インスペクター・マイクロ](#)



[FI-3000 FiberInspector MPO 端面検査カメラ](#)



[FI-7000 FiberInspector™ Pro](#)

5. ベストプラクティス 2: 光ファイバーの損失/長さ試験 (Basic/Tier 1 認証)

(1) 実施のタイミング

光ファイバー・リンクの敷設後に実施し、配線インフラ規格、コンサルタントやケーブル・メーカーが規定する光ファイバー最大許容損失バジェットを超過しないことを確認します。

(2) 実施する理由

正しい性能リミット値を使用してテストが行われていることを確認し、ケーブル配線ベンダーが保証を目的とするテスト結果を迅速に受け入れることができるようにします。

(3) 使用すべき機器

光損失測定試験セット (OLTS: Optical Loss Test Set) (双方向の 2 芯ファイバーの自動測定機能がありことが好ましい)、または光パワー・メーター/光源セット (LSPM) およびビジュアル・フォルト・ロケーター。

(4) Tier I 光ファイバー認証テスト手順

- テストを実施する前に安定化させた光源をテスト基準コード (TRC) に接続します。TRC は無視できる程度の既知の損失を有したパッチ・コードです。
- これから実施する光パワー損失測定の基準値を 1 ジャンパー法により測定し、光源からの基準 パワー・レベルとして記録します。
- パワー・メーターから TRC を外して。準備したもう一本の TRC をパワー・メーターのポートに接続します。精密バルクヘッド・アダプターを使用して 2 本の TRC を接続します。
- 損失を測定して、これらの TRC の品質が十分である (MM の場合は ≤ 0.15 dB、SM の場合は ≤ 0.25 dB) ことを確認してこのテスト結果を保存します。
- バルクヘッド・アダプターを外し、試験をおこなう光ファイバー配線リンクに接続して損失を測定します。

- OLTS は結果を「合格」または「不合格」として表示します。LSPM は損失のみを測定します(リミット値とマージンは手動で計算する必要があります)。

注記: OLTS としての CertiFiber® Pro 光損失測定試験セットは、基準値設定から試験の実施まで、段階的に操作手順をガイドするウィザード機能が備わっていますが、LSPM は極性確認用に可視光源やファイバー長メーターや手動での計算も必要になります。

- (5) フルーク・ネットワークスの光ファイバーの損失/長さテスト(Tier I 認証)ソリューション
画像を<クリック>すると製品ページをご覧ください。



[CertiFiber® Pro 光損失試験セット
\(OLTS\)](#)



[MultiFiber Pro MPO/MTP 光パワ
ー・メーター/光損失測定キット
\(12 芯ファイバー・テスター\)](#)



[SimpliFiber Pro® \(LSPM\)と
VisiFault\(可視光源\)](#)

【解説 1】: ビジュアル・フォルト・ロケーター

最もシンプルなトラブルシューティング・ツールは、可視光源 (VFL: ビジュアル・フォルト・ロケーター) です。ほぼすべての光ファイバー技術者に使用されているこの安価なツールは、システム内で運用されている電子機器に使用される目に見えない赤外線ではなく、人間が簡単に目視できる明るいレーザー光 (通常は赤色) を使用します。VFL はリンクの端から端までの導通と極性をテストを行い、ケーブル、コネクタ、スプライスの破損を検出するのに理想的なツールです。またラック内で成端されたファイバーの遠端側を検出するのにも優れたトレース・ツールです。現場で成端されたコネクタには VFL ウィンドウを備えているものもあり、成端してすぐに VFL をコネクタに接続して、適切に成端されていることを確認できます。VFL からの光がコネクタの VFL ウィンドウから漏れて見えた場合は、コネクタ内の 2 つファイバーの端面が正しく嵌合されていないことになります。

フルーク・ネットワークスの [VisiFault™ 可視光源](#) - 光ケーブル導通テスターなどの VFL では、連続モードと点滅モードを使用できるため、問題を簡単に特定できます。VFL は、シンプルな交換アダプターでさまざまなコネクタ・タイプに対応するため、SC、ST、FC、FJ などの 2.5 mm コネクタや、LC や MU コネクタなどの 1.25 mm コネクタをすべてテストできます。バッテリー寿命の長さや、信頼性を維持するための頑丈な製品



全体の構造も重要な考慮事項です。

また VFL を使用して、破損箇所を特定したり、ファイバーのねじれや不完全なスプライスによって引き起こされるマクロバンド損失を検出したりすることもできます。VFL の赤い可視光線は非常に明るいため、暗い環境でもファイバー・ジャケットを通して破損やマクロバンドの位置を特定できます。このため VFL を使って、スプライス・エンクロージャー内の不完全なスプライスを特定することもできます。

VFL は他製品と比較して初歩的なトラブルシューティング・ツールと考えられていますが、OTDR と合わせて使用すると効率的にトラブルシューティングが行えます。VFL を使うことで、OTDR によって正しく特定することのできない障害（非常に近い場所で同時に発生した複数の障害や、OTDR の「デッド・ゾーン」内で発生した障害など）を検出できます。特に、リンクの終端近くにあるピグテールの不完全なスプライスの特定に役立ちます。

【解説 2】: 光源およびパワー・メーター (LSPM) と光損失測定試験セット (OLTS)

主に Tier 1 の認証テストや受入テストに使用され、最も正確に損失を測定できるツールです。また、光パワー・メーター/光損失測定キット (LSPM) あるいは光損失測定試験セット (OLTS) は、トラブルシューティングにも使用されます。リンクの損失を性能要件と比較することで、問題の原因が光ファイバー・リンクであるかどうかを判断できます。また、スイッチなどの機器の出力測定だけでなく、導通や極性を確認するためにも使用できます。

LSPM または OLTS を使用すると、損失がケーブルの 1 本のファイバーで発生しているのか、またはケーブルのすべてのファイバーで発生しているのかを確認できます。ケーブルのすべてのファイバーで損失がある場合、ケーブルが破損しているかねじれている可能性があります。1 本のファイバーで損失がある場合は、不完全なスプライスやコネクタに関連した問題である可能性が高くなります。LSPM または OLTS を使っても、リンク内の特定の損失イベントを特定/検出することはできません。そのためには、フォルト・ファインダーと OTDR を使用する必要があります。



LSPM 製品例



OLTS 製品例

6. ペストプラクティス 3A: 光ファイバー配線施設の性能測定とトラブルシューティング (Tier 2/拡張認証)

(1) 実施のタイミング

配線や接続が正しく敷設されていることを文書化し検証する、またはエラーをすばやくトラブルシューティングして原因を突き止めるために、この Tier 2/拡張認証は損失/長さテスト(Tier 1/Basic 認証)の完了後に実施する必要があります。

(2) 実施する理由

光ファイバー・ネットワークの最大許容損失バジェットは非常に厳しく、エラーに対する許容範囲が極めて狭いため、ネットワーク所有者や設計者は、総合損失バジェットだけではなく、個々のスプライスおよびコネクタの損失バジェットも設定しています。これらの測定をおこなうには、OTDR(光パルス試験機)が必要です。

(3) 使用すべき機器

光損失測定試験セット(OLTS: Optical Loss Test Set)、(双方向の 2 芯ファイバーの自動測定機能があることが好ましい)、またはパワー・メーター/光源セット(LSPM)およびビジュアル・フォルト・ロケーター。

(4) Tier 2 光ファイバー認証テスト手順

- テスト対象リンクの正しいイベント損失値を計算するためには、リンク・ファイバー(テスト対象リンク)、ランチ・コード、およびテイル・コードの直径、後方散乱、N.A.(開口率)、および屈折率の差異によって生じる「指向性」に対処するためにも双方向の OTDR 試験が必要となります。
- ランチ・コードを使用して、OTDR をテスト対象の光ファイバー・リンクの片端に接続し、もう一方の端のコネクタにテイル・コードを接続します。
- テスト対象に対する適切なリミット値を設定または選択します。
- リンクのトレースを実行します。リンクから OTDR を外し、ランチ・コードとテイル・コードは取り外さずにそのまま接続しておきます。OTDRを遠端のテイル・コードに接続します。この結果に対する反対方向での 2 回目のトレースを実行します。
- リンクのそれぞれの方向で発生した損失について、2 つの結果の平均値をチェックし、合否結果を確認します。(これは、OptiFiber Pro の SmartLoop 機能を使えば自動的に計算されます)。さらに、EventMap™ 機能を使用すると結果をわかりやすく表示できます。
- テスト対象のリミット値と最大許容損失バジェットを比較し、各構成部材の測定値が指定されたリミット値内であることを確認します。

(5) フルーク・ネットワークスの屋外配線施設の光ファイバー性能測定およびトラブルシューティング・ソリューション

画像を<クリック>すると製品ページをご覧ください。



OptiFiber® Pro OTDR



Fiber QuickMap™



VisiFault™ 可視光源

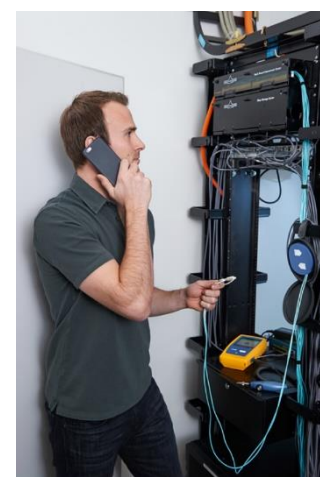
【解説 3】: 光パルス試験器 (OTDR) による高度なトラブルシューティング

VFL またはオプティカル・フォルト・ファインダーを使うと問題を特定することができますが、より詳細な情報が必要な場合があります。光パルス試験器 (OTDR) は、検出した反射光または後方散乱光の量に基づき信号損失を計算します。OTDR はこの技術を使って、光ファイバーの破損、曲げ、スプライス、コネクタ、およびこれらの特定のイベントの損失を測定します。このような詳細な情報を得ることで、光ファイバーの敷設や全体的な施工の質についての把握ができます。OTDR は、VFL、LSPM/OLTS、オプティカル・フォルト・ファインダーよりも高価で、操作に専門知識を必要としますが、個々のイベントの場所、損失、特性を測定できることから、究極のトラブルシューティング・ツールとされています。

OTDR は電気式時間領域反射測定器の光学式バージョンです。テスト対象の光ファイバーに一連の光パルスを入射し、散乱した光 (レイリー散乱) や、反射し入射側に戻ってくる光を同じ終端から抽出します。戻ってきた散乱光または反射光によって、光ファイバーの特性を判断できます。これは 電気式時間領域反射率測定器が、テスト対象ケーブル内のインピーダンスの変化によって発生する反射を 測定する方法と同じです。戻ってくるパルスの強度を測定し、時間の関数として積分して、光ファイバー長の 関数としてプロットします。

レイリー後方散乱信号の強度低下に基づく損失を推測するには、散乱線すなわちトレースを使います。OTDR は、レイリー後方散乱を計測するために設計されました。レイリー散乱は、すべての光ファイバー・ケーブルに発生しますが、光ファイバー・ケーブルのコア部のガラスは、すべての光エネルギーを吸収しません。吸収されなかった光はあらゆる方向に散乱します。光ファイバーに入射された一部の光は反射して OTDR に戻ります。これが後方散乱光です (単に散乱光とも呼ばれます)。

光ファイバー・ケーブル内を伝わる光が密度の異なる粒子 (空気など) などの物質にぶつкаると、光の最大 8 %



OTDR 製品例

が反射して光源側に戻り、その他が新たな物質を通過していきます。この現象はフレネル反射と呼ばれ、この反射がある個所が接続部分を示します。コネクタ前後のトレース・ラインを比較することで、コネクタ部の損失および反射率を推測することができます。

1. ランチ・コードと補正

散乱して OTDR に戻り測定される光は、テスト・パルスの光のごく一部です。このため、OTDR の受信回路は高感度でなければなりません。OTDR のコネクタは非常に大きな反射を生成するため、OTDR 受信機は飽和状態になります。私たちの目は閃光を見た後、元の状態に回復するまで時間がかかります。同じように、センサーもこの大きな反射の影響から回復するには時間がかかります。時間は距離と同等であるため、OTDR と最初のコネクタ間にランチ・コードを追加することでセンサーに回復する時間を与え、リンク内の最初のコネクタからの反射を検知することができます。光ファイバー長のテストに必要な最大パルス幅に対応するには、十分な長さのランチ・コードを使用する必要があります。通常 100 m 以上のランチ・コードを使用することで、最初のイベントの前後に散乱光が発生するため、最初の接続点が測定できるようになります。

光パルスがリンクの最後の接続に達すると光がガラスから空気に移動するため、大きな反射が発生します。この接続の先には、光ファイバーはなく、後方散乱も発生しないため、測定値は OTDR センサーのノイズ・フロアにまで低下します。テイル・コードを使用することで、最終イベントの前後で後方散乱を発生させることができます。これにより、最後の接続点で発生する損失を測定して、テスト結果に含めることができます。



図 5-1: 最後のコネクタの性能を確認するには、テイル・コードが必要です。



図 5-2: ランチ・コードおよびテイル・コードをケーブル遠端に追加することで、OTDR を使ってリンクの最初と最後の接続の損失を測定することができます。

テスト・レポートについては、測定者やテスト結果の受領者が、ランチ・コードとテイル・コードの測定値がテスト・レポートに含まれることを望まない場合には、測定結果からランチ・コードとテイル・コードを補正(削除)して、テスト対象のリンクの結果のみを報告することもできます。



図 5-3: トレースには、テスト対象のリンクの始まりと終わりの部分のランチ・コードおよびテイル・コードが含まれます。右側に表示されている EventMap は、ランチ補正によってテスト結果からその影響を取り除いたものを示しています。

2. OTDR の結果を理解する

OTDR でトラブルシューティングすると、ケーブルの長さに沿って、ファイバーの損失がグラフ化された OTDR トレースが表示されます。多少、このトレースの解釈に戸惑うかもしれませんが、ここに表示された波形のへこみやスパイク(急峻な立ち上がり)によって、テスト対象のファイバー・リンクで生じているイベントがどのような種類のものなのかが明らかになります。

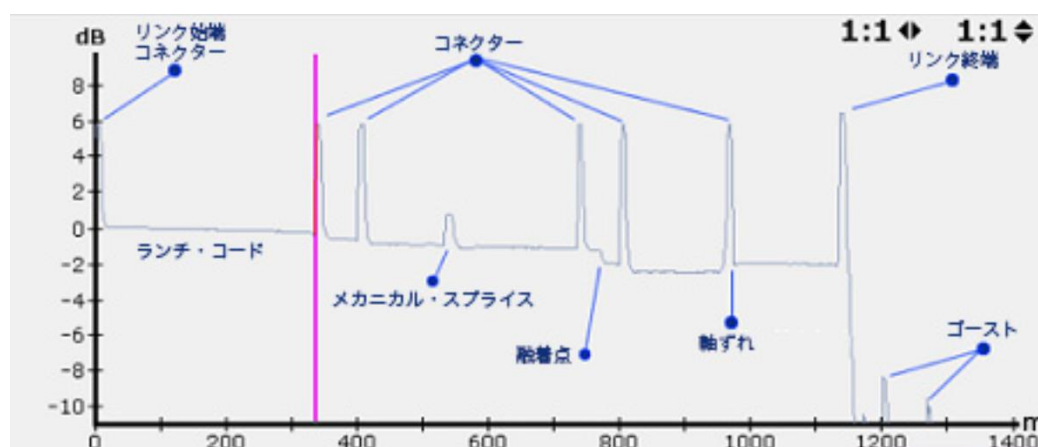


図 5-4: OTDR トレースの結果

つまり、このトレースにより、テスターのコネクタ、ランチ・コード、コネクタ、メカニカル・スプライス、融着接続、光ファイバーの軸ずれ、リンクの終端などの反射イベントの種類を見分けることができます。また、リンクの遠端以降に生じている小さなスパイクは実在しないイベントでゴーストと呼ばれるものであることも分かります。

これらのイベントの解析には高度な知識が必要です。しかし、心配する必要はありません。[OptiFiber® Pro](#) は、高度なロジックを用いてトレースを自動解析し、EventMap™ 機能によってこれらのイベントの素性を明らかにします。さらに、問題のあるイベントを赤色のアイコンで明示するため、問題箇所をこれまで以上に素早く特定することができます。

また、イベントマップの左下にあるヘルプ・アイコンをタップすれば、OTDR 自身が問題解決のための是正措置も提示してくれます。

不確かなイベントが複数あるリンクをトラブルシューティングする場合は、まず OTDR に最も近いイベントを確認することが推奨されます。これらのイベントが確認されると、その他のイベントがより正確に検出できるようになります。



図 5-5: オンスクリーン・ヘルプが利用可能な EventMap ビュー

最新の OTDR では多くの機能が自動化され、誰でも簡単に専門家のような解析を行うことができます。しかし、光ファイバーでのイベントをさらに詳細に解析するには、深い専門知識と洞察力が必要になる場合もあります。

次の 2 つのセクションでは、高度な OTDR 設定とトレース解析について説明します。

3. 高度な OTDR 設定 - パルス幅

パルス幅を調節することで、測定機能を長距離光ファイバーの測定から光ファイバーの個別イベント特定に適した設定に替えることができます。遠くで発生した後方散乱が正確に OTDR に戻るよう、テスターを長時間オンにしてケーブルにパルスを送り込み、パルス幅を長くする必要があります。しかし、パルス幅が長くなれば、OTDR が識別できるイベント間の最小距離 (デッド・ゾーン) も大きくなります。光ファイバー内の光は 1 ns あたり約 0.2 m で移動するため、3 ns の狭いパルスは、互いからの距離が 0.6 m 未満の 2 つのイベントを「見る」ことができません。1000 ns の広いパルスは、2 つのイベントが 200 m 以上離れている場合にのみ、それらのイベントを見ることができます。

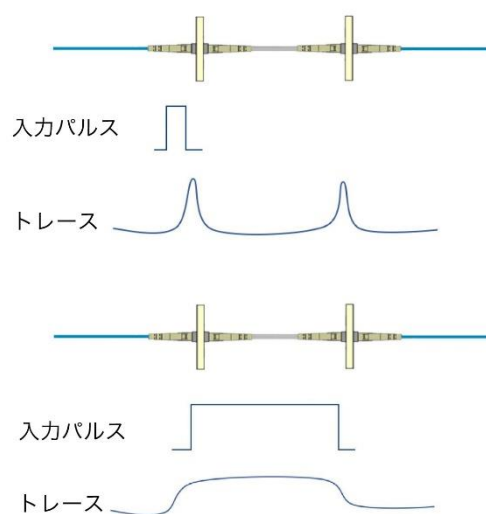


図 5-6: 幅の狭い入力パルスは、互いの距離が近いイベントを識別できます。

波長

光ファイバーの曲げや、亀裂を確実に発見するには、常に複数の波長でテストを実施する必要があります。伝送に短波長帯のみが使用されているアプリケーションにおいても、OTDR でトラブルシューティングする際には、850 nm と 1300 nm (マルチモード)、1300 nm と 1550 nm (シングルモード) の両方でテストすることが推奨されます。

通常、長波長帯は低損失ですが、光ファイバーに負荷がかかると、長波長帯も非常に高い損失を示すため、問題の検出が容易になります。波長は「幅」があるため、その他の波長が使用されている場合でも、上記の波長のみを使って十分に正確なテストを行えます。問題がピグテールで発見された場合は、トレース上のイベントがコネクタからピグテールまでの距離で発生することが多いため、VFL(可視光源)を使って問題がピグテール・コネクタではなく光ファイバーの亀裂やねじれであるかどうかを判断する必要があります。OptiFiber Pro は、このような状況に便利な VFL を内蔵しています。

しきい値および平均化

またトラブルシューティングによっては、OTDR の設定を手動で調整する必要があります。たとえば、適切に処理されたスプライスが示す損失は 0.1 dB 未満を示します。損失が極めて低いスプライスの場所を特定する必要がある場合、損失しきい値がスプライスの損失より高く設定されていると、OTDR に表示されない可能性があります。フルーク・ネットワークスの OptiFiber Pro の自動設定では損失しきい値は 0.15 dB に設定されているため、それ以上のレベルのイベントしか発見できません。しかし、損失しきい値を手動で低く設定することで、非常に損失の低いスプライスを特定することもできます。

しきい値を小さく設定すると、テスターは多くの測定を行い、幅の広いパルスを使用します。このため、テスト時間が増加し、トレースのデッド・ゾーンが広がる可能性があります。損失しきい値を 0.15 dB 未満に設定した場合、光ファイバー構造の不完全性により、OTDR が間違ったイベントを発見する恐れもあります。平均化時間を 変更することで、融着接続の検出が容易になります。[Averaging Time(平均化時間)] は、最終トレース作成のために平均化される計測回数を設定します。時間が長くなるとノイズが低減され、非反射融着イベントなどの詳細が明らかになります。長いリンクのトラブルシューティングを行う場合は、光ファイバーの終端までを計測するために OTDR のダイナミック・レンジを大きくする必要があります。これに伴い、パルス幅が長くなり、テスト時間が増加し、デッド・ゾーンも広がります。

4. 高度なトレース解析

トレースは、開始から遠ざかるにつれて少し下向きの傾向線を示しており、これはケーブルの長さの損失による後方散乱の減少を示しています。コネクタは反射に起因する特徴的な「スパイク」を伴ってトレース上に表示され、続いてコネクタに起因する損失(減衰)を示す傾向線からの低下が示されています。

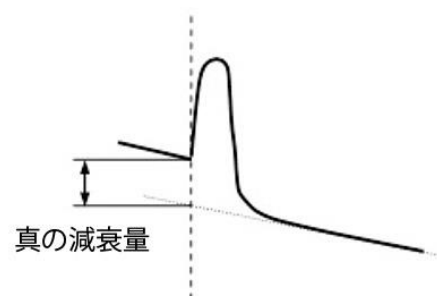


図 5-7: コネクタの損失を示す傾向線の落差

非反射イベント

非反射イベントは、コネクタからの「スパイク」を伴わない後方散乱信号の強度低下によって示されます。「隠れた」イベントはその一例で、2 つのコネクタ同士の距離が非常に近いため、OTDR のイベント・デッド・ゾーンに入ってしまうことに起因します。

もう 1 つの例は「ゴースト」です。反射性の高い接続からの戻り信号が反射し、接続の間を行ったり来たりすることで発生します。ゴースト・イベントのほとんどは、光ファイバーの末端を超えた先の反射イベントとして表示されます。ただしトレース上に表示されるものもあります。

ゴースト・イベントは損失を伴わない反射イベントであることから、特定が可能です。OptiFiber Pro はゴーストを検知して発生元を特定してくれるため、根本原因の特定と是正が容易になります。



図 5-8: 「ゴースト」は、実在のイベントからの強い反射信号に起因する実際には存在しないイベントです。

5. リアル・タイム・トレース

リアル・タイム・トレースは、ファイバーの後方散乱のトレース・ラインを継続的に更新しながら表示します。この機能を使い、スプール上で光ファイバーをテストすることで、出荷後の製品に損傷がないことを確認できます。これは光ファイバーを引く、または埋める前に行います。リアル・タイム・トレースは「揺すり」テストにも使用できます。接続のゆるみやコネクタの損傷が疑われる場合、技術者は、コネクタを揺するか、あるいは押し込みながらリアル・タイム・トレースを使用して、接続が回復するか完全に損傷しているかを調べます。

6. 光ファイバー・ジャンパーのトラブルシューティング

光ファイバー・ジャンパーは、すべての光ファイバー・ネットワークに不可欠です。データ・センターで光ファイバー・パッチング・エリアとスイッチを接続する場合や、LAN 環境で fiber-to-the-desk (FTTD) アプリケーションのエンド機器を接続する場合に用いられます。

残念ながら、光ファイバー・ジャンパーは通常、ネットワークで最も脆弱な部分でもあります。他のどの部材よりも頻繁に取り扱われ、脱着操作がなされるため、損傷を受けやすくなります。また光ファイバー・ジャンパーは多くの場合一般品とみなされており、規格に適合していない知名度の低い販売元から低品質の製品を購入して、費用を節約するエンド・ユーザーもいます。

光ファイバー・ジャンパーを使用しないパーマネント・リンク・テストは、新規の敷設における最適なテスト方法と考えられていますが、その後のチャンネル・テストで問題が特定されることがあります。フルーク・ネットワークスの [CertiFiber® Pro](https://www.flukenetworks.com/CertiFiber-Pro) のような光損失測定試験セット (OLTS) を使うと、個々のジャンパーをトラブルシューティングすることができます。具体的には 1 ジャンパー基準法を使って基準を設定し、アダプターを使ってジャンパーをテスト基準コードに接続します。ジャンパーのもう一方の端はリモート・ユニットに接続されているため、基準ケーブルとジャンパー間の接続の損失のみが測定されます。ジャンパーを逆に接続すると、ジャンパーの反対側の終端のコネクタをテストできます。

【解説 3】: オプティカル・フォルト・ファインダー

VFL(可視光源)は、露出したファイバーの接続不良や破損を光で示しますが、ケーブル配線が長い場合、見えない場所やアクセスできない場所にケーブルがある場合、あるいはジャケットがレーザー光を通さない場合はあまり役に立ちません。光パルス試験器(OTDR)は、ケーブル長全体のトレース(特性図)や解析結果を提示しますが、高価であり、操作に時間とスキルを要します。しかし、トラブルシューティングにオプティカル・フォルト・ファインダーを使うと、VFL と OTDR の両方の欠点を補うことができます。

フルーク・ネットワークスの [Fiber QuickMap™](#) のようなオプティカル・フォルト・ファインダーを使うと、最長 1,500 m にわたり、素早く効率的に長さを測定し、マルチモードの高損失イベントや破損を特定できます。この シングル・エンドのオプティカル・フォルト・ファインダーは OTDR と同様の技術を使用しており非常に使いやすい トラブルシューティング・ツールです。光ファイバーにレーザー光パルスを送信し、高損失の接続部やスプライス、および光ファイバーの終端から反射した光の強度とタイミングを測定します。光ファイバー・リンクの損失の 大きいスプライスや接続、破損だけでなく、リンクの全長を測定するのにも理想的です。このフォルト・ファインダーは、テスト開始前に現用光の検出にも利用できます。

このツールを使用すると、光ファイバーの長さを素早く測定できるので非常に便利です。たとえば、3 km の光ファイバーをテストしているときに、ツールが長さを 1.2 km と報告した場合、光ファイバーが破損していることがわかります。また、ピンなしどうしの MPO 接続を見つけるのにも非常に便利です。この問題はよく見られ、接続不良を引き起こす原因ともなります。ポート内のピンの有無を安全に確認することが難しいパッチ・パネルでは、この問題の発見は特に困難です。

これらの機器は操作が簡単です。接続部をクリーニングした後、テスターにランチ・コードを取り付けます。ランチ・コードとテイル・コードを使用することで、テスターでリンクの近端または遠端のインシデントを発見できます。次にテスト(TEST)を押すと数秒後に、光ファイバー・リンクで検出されたインシデントの数が機器に表示されます。インシデントにはコネクタ、スプライス、およびリンクの終端が含まれます。インシデントは、損失または反射率に関するプログラム可能なリミット値を超えたイベントとして定義されます。各インシデントをスクロールして、個々のインシデントの距離や損失量を表示できます。図 3 の例を参照してください。

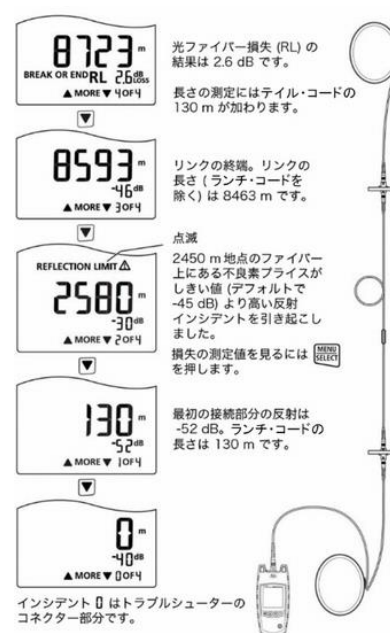


図 5-9: オプティカル・フォルト・ファインダーは、光ファイバー・リンクで発生した 反射インシデントまでの距離を特定します。

7. ベストプラクティス 3B：屋外配線施設の光ファイバー性能とトラブルシューティング (Tier 2/拡張認証)

(1) 実施のタイミング

シンプルな光源とパワー・メーター、または「遠端の光源モード」に設置された OLTS ユニットを使用して損失を判定した後に、イベントの片方向や双方向の損失や反射率を測定したり、障害の原因をすばやく特定したりするためのトラブルシューティングを行います。

(2) 実施する理由

光ファイバー・ネットワークの進化にともない、多くの場所でテストが必要となっています。現在 OTDR は、PONやFTTX のように「屋外」でも、スプリッター性能をテストおよび文書化のために必要とされています。

(3) 使用すべき機器

≤120nsの短パルスの伝送をおこなう OTDR 対象リンクの後方散乱係数と近似の後方散乱係数を有するランチ・コードとテイル・コードが必要です。このランチ・コードにより、テスト対象リンクの最初のコネクターも確実に測定できます。

(4) 屋外配線施設の光ファイバー性能測定手順

- 屋外配線施設の世界で試験を行うには、可視性を改善したり、詳細情報を入手したりするために手動での設定調節が必要となることがよくあります。
- OTDR で PON モードが有効になっていることを確認します。通常の UTO OTDR モードが選択されている場合は、スプリッターは「スプライス」として報告されます。

(5) 屋外配線施設の光ファイバー・トラブルシューティング手順

- 接続の問題をトラブルシューティングする場合、システムに影響を及ぼすことなく、さらに POLAN 信号が OTDR 測定に対して干渉を与えず、OTDR を稼働中のシステムに接続できなければなりません。
- 1625 nm のライブ光ファイバー・フィルターは、OTDR が 1625 nm テスト波長以外の帯域を使用しながら、トラブルシューティングを実施することができます。
- 1625 nm はアクティブな PONLAN 信号に対して干渉しません。
- このフィルターは、OTDR に入射する 1310 nm、1490 nm、および 1550 nm の波長をブロックし、測定が干渉を受けないようにします。

(6) フルーク・ネットワークスの屋外配線施設の光ファイバー性能測定とトラブルシューティング・ソリューション 画像を<[クリック](#)>すると製品ページをご覧ください。



8. ペストプラクティス 4: 文書化

(1) 実施のタイミング

常時行います。測定終了後は、必ず結果を保存してください。

(2) 実施する理由

結果を適切に保存することで、敷設結果の説明責任と整合性の実証に役立つほか、責任転嫁問題を解決して、より効率的なトラブルシューティングを促進できます。

(3) 使用する文書化ソフトウェア

LinkWare™ PC ケーブル・テスト管理ソフトウェア。PC のアプリケーションを使用して複数のテストによるすべての結果を管理できるソフトウェアです。これはフルーク・ネットワークスが提供するクラウド・サービス、LinkWare™ Live と共に使用できるため、Wi-Fi を使って結果をアップロードしたり、テスターの状態や所在場所の追跡、および PC やタブレットからテスト設定を行ったりすることができます。

(4) 文書化の手順

- 各測定の後、結果を保存します。
- ジョブの完了時や必要に応じて、PC への直接接続、あるいはフルーク・ネットワークスの SaaS（Software as a Service）ソリューションの LinkWare Live を介して、テスターから結果をアップロードできます。（図 5-10）
- テスト結果を LinkWare PC ケーブル・テスト管理ソフトウェアにダウンロードしたら、共通形式（PDF など）で詳細な技術レポートを生成できます。

(5) フルーク・ネットワークスの文書化ソリューション

LinkWare Live インターフェース

画像を<[クリック](#)>すると製品ページをご覧ください。

カスタマー名	プロジェクト名	ステータス	進捗状況	開始日	終了日	最終更新日
FNET	FNET cabling project_04	アクティブ	40%	4/10	Dec 6, 2016	Dec 7, 2016
FNET	FNET cabling project_02	アクティブ	20%	2/10	Dec 1, 2016	Dec 2, 2016
FNET Japan	FNET cabling project_01	アクティブ	50%	3/6	Dec 1, 2016	Dec 2, 2016
FNET	FNET cabling project_03	アクティブ	60%	3/5	Dec 1, 2016	Dec 2, 2016



図 5-10: Versiv ファミリー製品と LinkWare Live クラウド・サービスを利用すれば、いつでも、どこからでもプロジェクトの進捗管理とテスターの資産管理ができます。

9. フルーク・ネットワークスの光ファイバー試験およびトラブルシューティング用機器

これまで解説を行いましたフルーク・ネットワークスの光ファイバー試験用測定機器の機能一覧を示します。

	検査およびクリーニング				損失/長さ (Tier 1)	テスト 認証	MPO テスト	プラントの性能測定およびトラブルシューティング (Tier 2 認証)			
	FI-500 FiberInspector Micro ビデオ・ マイクロスコープ	FI-7000 FiberInspector Pro ビデオ・ マイクロスコープ	FI-3000 FiberInspector Pro ビデオ・ マイクロスコープ	光ファイバー・ クリーニング・ キット	SimpliFiber Pro LSPM および FindFiber Remote ID	CertiFiber Pro 光損失測定 試験セット	MultiFiber Pro	VisiFault 可視光源	Fiber QuickMap	OptiFiber Pro OTDR	OptiFiber Pro PON/FTTx HDR OTDR
光ファイバー端面の 汚れ、または損傷の チェック	●	●	●			● iバージョン				● iバージョン	● iバージョン
端面検査の 等級付け		●	●			● iバージョン				● iバージョン	● iバージョン
汚れの クリーニング				●							
接続性のチェック					●	●	●	●	●	●	●
極性のチェック					●	●	●	●	●	●	●
リンク損失を検証して、 最大許容損失バジェット 内であることを確認					●	●	●				
2 芯光ファイバー 損失テスト						●					
シングルモード Tier 1 認証					●	●	●				
マルチモード・ エンサクルド・ フラックス規格準拠 Tier 1 認証					EF TRC 使用	●	バルクヘッドで EF 準拠				
障害をすばやく検出								●	●	●	●
Tier 2 認証										●	●
合否結果		●	●			●	●			●	●
検査結果の 記録		●	●		●	●	●			●	●
サポートする 光ファイバー・ タイプ	マルチモード シングルモード	マルチモード シングルモード MPO	MPO	マルチモード シングルモード MPO	マルチモード シングルモード	マルチモード シングルモード	MPO のみ (マルチモード および シングルモード)	マルチモード シングルモード	850 nm マルチモード	マルチモード シングルモード	シングルモード (1310 nm, 1490 nm, 1550 nm, 1625 nm)
光源タイプ					LED, FP レーザー	LED, FP レーザー	LED, FP レーザー	レーザー	レーザー	LED, FP レーザー	レーザー

10. まとめ

光ファイバー配線インフラの試験に当たっては、個々の試験ツールの持っている能力を熟知することが極めて重要です。状況に応じて適切に試験ツールを選択しその機能を有効に活用することでこれまでの投資に対する十分な見返りが得られるからです。

フルーク・ネットワークスは今後とも、高度なテスト・ツールに加え専門的かつタイムリーな情報をあらゆる方々に幅広くご提供いたします。※



※:フルーク・ネットワークスでは、光ファイバー製品をお得にご購入頂ける
“[Versiv シリーズ・ダブル アップ・キャンペーン 2021](#)” を開催中です。

(期間:2021 年 9 月 1 日 ~ 12 月 10 日)

詳細は画像を<[クリック](#)>するとご覧いただけます。

フルーク・ネットワークスについて

フルーク・ネットワークスは、優れた認証/トラブルシューティング/インストレーション・ツールを提供する世界大手企業です。当社の製品は、重要なネットワーク・ケーブル配線インフラを設置・保守する技術者を対象にしています。弊社は、信頼性と比類ない能力において高い評価をいただいております。最先端のデータ・センターの設置から災害時の電話サービスの復旧作業に至るまで、すべての作業を効率的に行います。

DSX-8000 CableAnalyzer™ – メタル配線認証手順のステップの時間短縮を加速化します



最も厳しい測定精度要件である TIA の精度レベル 2G に適合する一方、比類のないスピードで Cat 8 および Class I/II のメタル認証試験を効率化します。ProjX 管理システムは、作業の確実な実施を実現し、試験のセットアップからシステムの検収までの作業進捗状況の把握を容易にしてくれます。Versiv プラットフォームは、光ファイバー試験 (OLTS と OTDR の両方) もサポートします。このプラットフォームは、将来の規格 改定へのサポートに備え、容易にアップグレードが可能です。近端漏話、反射およびシールド不良を含む不良原因のグラフィカルな表示を行う Taptive (タップティブ) インターフェースにより不良原因のより素早いトラブルシューティングができます。また LinkWare PC 管理ソフトウェアを使用し、試験結果の解析と専門的なテスト・レポートの作成が可能です。

CertiFiber® Pro – 光ファイバー認証試験プロセスのすべての段階の作業効率を上げ、加速化します

2 波長、2 本の光ファイバー認証の効率を改善し、試験をわずか 3 秒で実施できます。Taptive (タップティブ) インターフェースにより、セットアップの簡素化、間違いの排除、さらにトラブルシューティングのスピードアップが図れます。基準値設定の自動ガイダンス機能により、確実な基準値設定が可能になり、負の損失結果発生もなくなります。OptiFiber Pro モジュールと組み合わせて、Tier 1 (基本) / Tier 2 (拡張) 試験とレポート作成のすべてを行えます。便利な 4 波長モジュール によって、シングルモードとマルチモードの両方に対応できるばかりでなく、マルチモードの EF 適合性能もサポートします。



OptiFiber® Pro OTDR – データ・センター/企業向け光パルス試験器



業界初の企業/データ・センターの課題解決向けに一からデザインされた光パルス試験器です。シンプルでこれまでにない効率性、さらにキャンパス、データ・センターおよびストレージ・ネットワークのトラブルシューティングに正に必要な機能群を組み合わせたツールで、現場の技術者を、専門知識を備えた光ファイバー専門技術者に変えてしまいます。すなわち、業界唯一のスマートホン・タイプのユーザー・インターフェースを備えることで光ファイバー試験を新たな高みに導きました。そして、DataCenter OTDR コンフィギュレーションにより、データ・センター試験における不確実性やエラーが排除されます。その極めて短いデッド・ゾーンにより仮想化データ・センターにおける光ファイバー・パッチコード試験も可能にします。

FI-7000 FiberInspector™ Pro - 光ファイバー・コネクタ端面を 2 秒で自動合否判定

汚れ、へこみ、小片、および傷による問題箇所をグラフィカルに表示します。業界標準規格の IEC 61300-3-35 に基づき判定できるため、端面検査における主観的な判断を削除することができます。



Versiv 製品選択ガイド



選択ガイドへのリンク

フルーク・ネットワークス

株式会社 テクトロニクス&フルーク フルーク社

〒108-6106

東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 6F

TEL 03-4577-3972 FAX 03-6714-3118

Web サイト: <https://jp.flukenetworks.com>

©2021 Fluke Networks Inc. All rights reserved.

Printed in Japan 10/2021