

技術基礎講座

光ファイバケーブルの損失を簡単に評価可能なツールの開発

NTT東日本 ネットワーク事業推進本部サービス運営部 技術協力センタ アクセス技術担当

あらまし

インターネットの普及に伴い、光ファイバケーブルが全国各地で整備され、多種多様なIPサービスの提供に用いられています。光ファイバケーブルはさまざまな環境に設置されることから、意図しない曲げ等の応力、車の通過や風等に起因する振動、環境条件に起因する経年劣化等により、その伝送損失が変化することがあります。

一般的に、損失の評価には、OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) を用いた測定が行われますが、取得した一心線ごとのデータを基に光ファイバケーブルの状態を評価するためには、一定の知識と経験が必要でした。そこで、NTT東日本 技術協力センタでは、OTDRで測定したデータから、簡単に光ファイバケーブルの損失の評価が可能なツールの開発に取り組んでいます。

本稿では、開発した「光ファイバケーブル損失評価ツール」の概要とその機能等について紹介します。

1. はじめに

光ファイバケーブルは、高速、広帯域、大容量な通信が可能なため、インターネットや携帯電話等の普及

を支えるだけでなく、IoT (Internet of Things) やAI (人工知能) 等を駆使した新しいアプリケーションを支える社会基盤として全国各地に敷設されています^[1]。これら光ファイバケーブルは、市街地や山間部の地上や地下に設置されているため、周囲の環境条件は設置場所によって異なり、その影響を受けることになります。例えば、地震や台風等による意図しない曲げや振動、設置環境による劣化等が考えられます。

このような影響は、光ファイバの伝送損失として現れることが多いため、光ファイバケーブルのメンテナンスのためには、定期的な伝送損失の評価が重要となっています^[2]。

光ファイバケーブルの伝送損失の評価には、一般的にOTDRが用いられます。OTDRは光ファイバのレイリー散乱を利用しており、入射した光パルスに対して後方に戻ってくる

レイリー散乱光の受信強度を時間軸で測定することによって、光ファイバケーブルの距離に沿った損失の状況を計測することが可能となっています^[3]。

2. 実際の光ファイバケーブルの損失評価

図1に3種類の試験光波長のOTDRで測定された、光ファイバケーブルの損失の例を示します。本来、光ファイバケーブルが通常の敷設状態であれば、伝送損失は距離に沿って一定の傾き（一般的に約0.2dB/km@1550nm）で増えていきます^[4]。そのためOTDRでの測定波形（レイリー散乱光受信強度）は、右肩下がりに減少していきます。また接続点では、接続に伴うステップ状の損失の変化が確認できます。

図1をみると、接続点でのステップ状の損失のほか、一部の区間で

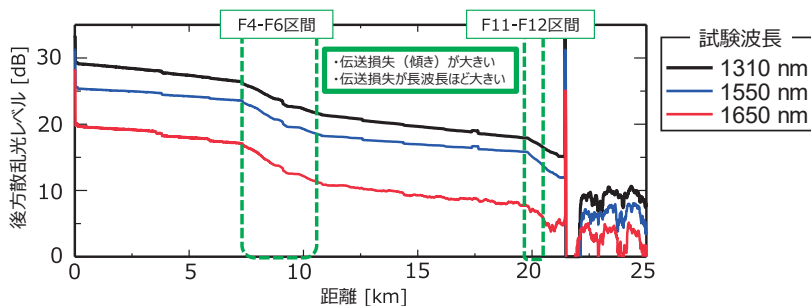


図1 OTDRでの測定波形例

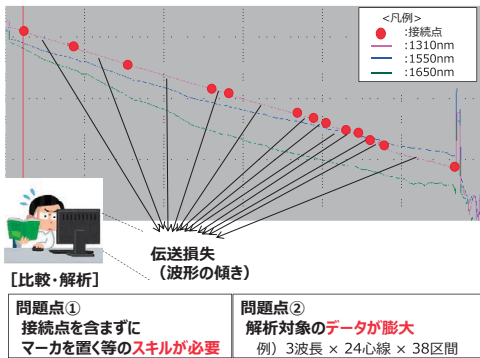


図2 従来の評価方法

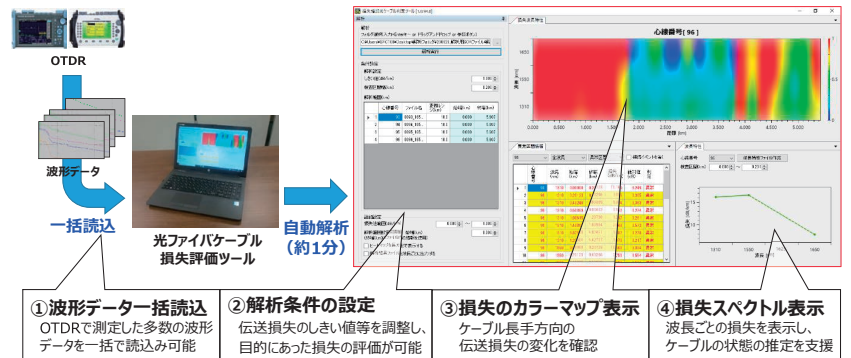


図3 光ファイバケーブル損失評価ツールの概要

OTDR波形の傾きが大きくなっていることがわかります。また試験光波長ごとに比較すると、長波長側(1650nm)でOTDR波形の傾きが大きくなっていることがわかります。

これらOTDR波形の傾き増加の要因としては、長波長で損失が大きくなっている傾向から、区間内全域にわたって応力による曲げが発生していると考えられます。このような応力を発生させる要因はさまざま考えられますが、災害等による設置環境の急激な変化だけでなく、経年による状況の変化とともに増加する傾向にあることがこれまでの検討の結果からわかっています [5]。

3. 光ファイバケーブル損失評価ツールの概要

3.1 従来の伝送損失の評価方法

従来のメンテナンスの中で行われている伝送損失の評価方法を図2に示します。

図2のように、測定されたOTDR波形に対し、作業者が波形上にマーカーを置き、その値を読み取ることで、マーカー間の損失の変化や傾きを評価していました。そのため、評価者によって値のばらつきが生じる可能性があり、評価者に一定の経験とスキルが求められました。また、多くの光ケーブルを複数の波長で測定した場合等には、評価対象のデータ量が膨大となり、手間と時間がかかる作業となっていました。

3.2 光ファイバケーブル損失評価ツールの概要

図3に、技術協力センターが開発した「光ファイバケーブル損失評価ツール」の概要を示します。本ツールには、4つの特徴があります。

- ① OTDR装置で測定した結果を一括で読み込み、テキストへ変換
- ② OTDR波形の傾きのしきい値等、評価条件を設定可能。しきい値を超えた区間を表示
- ③ 光ファイバケーブルの単位長さあたりの損失値のカラーマップを表示。
- ④ 試験波長ごとの損失(損失スペクトル)の表示が可能であり、損失の原因の推定を支援

以下の節では、それぞれの特徴について簡単に述べていきます。

3.2.1 データの一括読み込み機能

光ファイバケーブルの損失の状況を確認するためには、複数波長での試験が有効です。そのため、本ツールでは3~4波長でのOTDR測定を

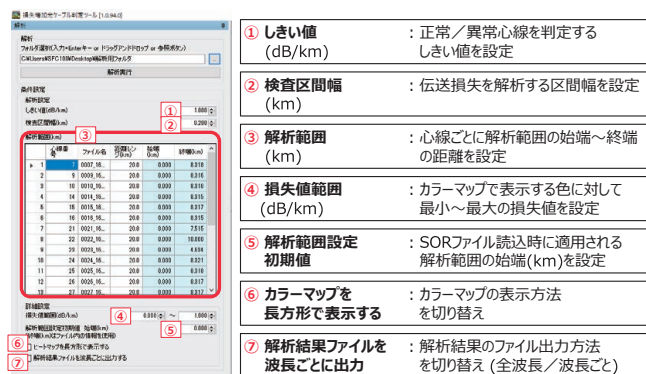


図4 設定画面例

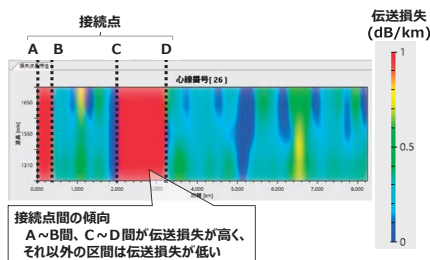
基本としています。OTDR測定の際に波長のファイル名を(心線番号: 4桁の半角数字)_(試験波長: 3~4波長)_(自由テキスト).SORとして1つのフォルダに保存をすると、ツールは、ファイル名の最初の4桁の数字をキーとして、複数波長の試験データを一括で読み込むことが可能です。

3.2.2 条件の設定としきい値判定

図4に本ツールの条件設定画面の例を示します。図のように、①しきい値、②検査区間幅、③解析範囲、④損失値範囲、⑤解析範囲設定初期値、⑥カラーマップの表示有無、⑦解析結果ファイルの出力、の7つの項目の設定が可能です。この7つの項目を任意に調整することにより、目的にあった損失の評価を行うことが可能です。

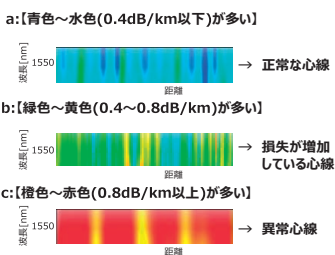
3.2.3 カラーマップの表示

図5はOTDRの測定結果を解析し、得られた損失の状況をカラー

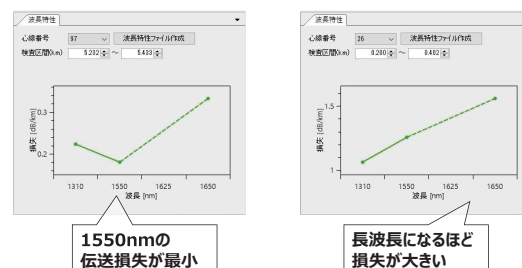


(a) カラーマップ表示

図5 カラーマップによる損失分布の表示



(b) カラーマップの意味の例



(a) 正常な状態のスペクトル例 (b) 曲げがある場合のスペクトル例

図6 損失スペクトルの表示例

マップで表しています。

図5 (a) は、横軸が光ファイバケーブルの距離を表し、縦軸は波長を示しています。図から、接続点A～B間、およびC～D間に伝送損失がしきい値を超える区間があることがわかります。

同図 (b) は、しきい値に対するカラーマップの変化を示しています。OTDR波形の傾きのしきい値を1 [dB/km] とすると、0.4 [dB/km] 以下の場合には濃い青から水色で示されます。0.4～0.8 [dB/km] の場合には、黄緑色から黄色で示されます。0.8 [dB/km] を超える区間においては赤色で示されるため、ケーブルの距離に沿った損失の状況がひと目で確認できます。

3.2.4 損失スペクトルの表示

図6は、ケーブル上のある距離における波長ごとの損失（損失スペクトル）の表示例を示しています。横軸は試験光の波長、縦軸が損失になります。

ガラス製の光ファイバにおいては、1 kmあたりの損失は1550 [nm]の波長で最も低く、そこから波長が短くなる、または大きくなるにつれて増加します。OTDRの測定結果を分析すると、図6 (a) に示すように、正常なケーブルの場合、1550 [nm]の損失が最小となります。

一方、光ケーブルで曲げが生じている場合には、同図 (b) に示すように、長波長側で損失が大きくなる右肩上がりのグラフとなります。

このように損失スペクトルの状況

を確認することができ、損失の発生状況の推定に役立てることが可能となります。

4. まとめ

本稿では、光ファイバケーブルの損失の状況を簡単に評価できる「光ファイバケーブル損失評価ツール」について紹介しました。本ツールを用いることで、さまざまな場所に敷設される光ファイバケーブルの損失の状況を一目で確認することが可能となり、メンテナンス作業の効率化に貢献できると考えています。

現在、本ツールはNTT東日本、西日本の保守作業向けのツールとして技術協力センターから貸与もしくは測定データを提供いただいたの分析等を行っています。今後、さらに改良を重ね、定期的な試験結果を使った経年変化の分析等を行えるようにしていく予定です。

NTT東日本 技術協力センター アクセス技術担当では、全国の現場で生じるアクセス設備の難解な故障の解決に向けた技術支援を行ってい

ます。引き続き現場の困りごとの解決に貢献するとともに、技術支援で得たノウハウや故障原因究明で得た知見等を活用しながら、現場の技術力向上や効率化に貢献するようなツール等の開発を行ってまいります。

■引用文献

- [1] 宮本裕ら、“将来の大容量通信インフラを支える超高速通信技術、” NTT技術ジャーナル 2019 vol.31, No.3 (2019)
- [2] “被災した光ケーブルの信頼性評価技術、” NTT技術ジャーナル 2005 vol.17, No.10 (2005)
- [3] “光ファイバ故障時における探索方法、” NTT技術ジャーナル 2006 vol.18, No.10 (2006)
- [4] 山内良三、“光ファイバの40年、” 電子情報通信学会誌C Vol. J92-C, No.8, pp.331-338 (2009)
- [5] 相馬一之ら、“湿度を考慮した光ファイバ被覆の長期的物性変化の推定、” SEIテクニカルレビュー、第187号 (2015)

お・知・ら・せ

【Pエリア・協業エリアの皆様へ：OJT募集について】

NTT東日本技術協力センターでは、Pエリア・協業エリアの保守に従事する協業会社の皆様に対し、OJTのコースをご用意し、広く人材の募集をしています。

OJTのコースでは、専任のアドバイザーの指導による基礎知識や各種測定器の使い方等の習得に加えて、技術協力センターが保有する故障現場での調査、分析、切り分け等のノウハウの習得を図るとともに、専門的な高い技術の習得に向けた指導を行っています。OJT期間や内容等については、ご要望に応える形で決めております。OJTについてのご質問・お問合せは、下記の連絡先までお気軽にご相談ください。

◆技術相談の問合せ先

NTT東日本 ネットワーク事業推進本部 サービス運営部 技術協力センター
電話 03-5480-3711 メール gikyo-ml@east.ntt.co.jp