

技術基礎講座

光損失予測ツール1.0

～光ファイバケーブル予防保全の実現に向けて～

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

1. はじめに

光ファイバケーブルは、情報通信サービスのみならずさまざまな社会活動を支える社会基盤として、市街地や山間部等の多様な環境に敷設されています。光ファイバの伝送損失は、ケーブルが敷設された環境条件に起因する経年劣化等により、敷設後に増加することがあります。社会基盤として安心・安全な通信品質を保ち続けるためには、光ファイバの伝送損失を定期的に監視し、ケーブル更改等の必要な対処を先行的に行うことが重要です。

そこで、NTT東日本技術協力センタでは、光定期試験データに基づいて光ファイバの伝送損失の将来予測をする「光損失予測ツール1.0」を開発しました。ここでは、その概要と機能等について紹介します。

2. 開発の背景

光ファイバケーブルは、敷設された環境条件に起因する経年劣化が進むと、光ファイバの伝送損失が増加することがあります⁽¹⁾。

例えば、多湿環境に長期間敷設されている地下ケーブルの光ファイバでは、図1のように光ファイバ被覆の内部に水泡が形成されることがあります。このような光ファイバで

は、目に見えない小さな曲げ（マイクロベンディング）が連続的に加わることで、通常よりも大きな伝送損失が生じます。局所的には小さな損失であっても、数百メートル～数キロメートルにわたってマイクロベンディングが発生すると、サービス提供できないほど伝送損失が増加することがあります。光ファイバケーブルを正常な状態に保つためには、定期的に試験を行って伝送損失の状態を把握するとともに、ケーブル更改等の必要な対処を先行的に行うことが重要です。

光ファイバケーブルの状態把握には、一般的にOTDR（Optical Time Domain Reflectometer）が用いられます。OTDRは、試験光としてパルス光を光ファイバに入射し、入射方向に対して後方に伝搬する散乱光や反射光を検出する測定法です。散乱光や反射光が受光されるまでの時間は光ファイバ長手方向の距離に比例

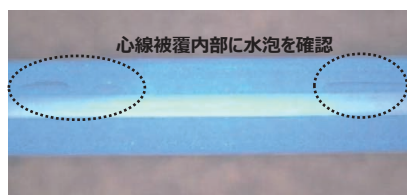


図1 マイクロベンディングが生じた光ファイバの拡大写真

するため、散乱光や反射光の強度を時間の関数として取得することで、光ファイバケーブルの距離に沿った状態を推定することができます⁽²⁾。例えば、経年劣化等により伝送損失が大きくなったケーブル区間では、図2のようにOTDR測定波形の距離に対する傾きが大きくなります。このようにOTDR測定波形の距離に対する傾きを解析することで、伝送損失の状態を把握することができます。

NTT東日本グループでは、東日本管内の光アクセス区間のケーブルを対象にOTDRによる光定期試験を毎月実施して試験データを蓄積しており、光ファイバケーブルの正常性を確認しています。

ただし、光定期試験では測定したその時点における異常の有無の確認にとどまっており、異常が顕在化する前に検知する方法は確立されてい

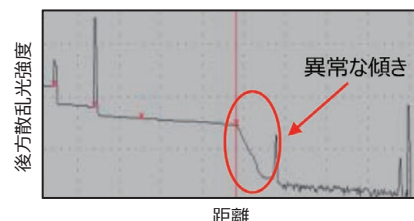


図2 伝送損失が増加した光ファイバケーブルのOTDR測定波形

ません。また、光定期試験において異常が発覚し、光ファイバケーブルを更改する必要がある場合、設計から構築完了まで数カ月～1年程度の期間を要するため、異常が顕在化した後の対処では空き心線の確保が困難になる場合があります。

そこでNTT東日本技術協力センターでは、伝送損失の異常を事前に把握できる「光損失予測ツール1.0」を開発しました。本ツールは蓄積された光定期試験データを活用し、過去の伝送損失の時系列変化を解析して将来の伝送損失の予測を可能にします。

3. 光損失予測ツールの概要

「光損失予測ツール1.0」の概要を図3に示します。本ツールには、主要な機能として「伝送損失の時系列解析」と「将来の伝送損失値の予測」があります。以下ではこれらの機能について解説します。

3.1 伝送損失の時系列解析

本ツールの1つ目の機能は、任意のケーブル区間における伝送損失の時系列変化を可視化する機能です。本ツールの入力画面で、光定期試験

データが格納されたフォルダを指定すると、指定したフォルダ内にある大量の光定期試験データが一括で読み込まれます。ここで読み込まれる光定期試験データは、OTDRの標準的なファイル拡張子であるSOR (Standard OTDR Record)⁽³⁾ 拡張子のデータであり、OTDRで測定された後方散乱光強度と距離情報のほか、測定日等の情報も含まれています。次に、伝送損失を解析したいケーブル区間の距離情報を指定すると、読み込まれたSOR拡張子データすべてに対して、指定した距離情報と後方散乱光強度を突合し、伝送損失を自動で解析します。解析された伝送損失値は各SOR拡張子データに記録された測定日情報と対応付けられ、図4に示すように、測定日順に並べてグラフ表示されます。このように伝送損失の時系列変化がグラフで可視化されることにより、指定した区間の伝送損失の劣化傾向を把握することができます。

3.2 将来の伝送損失値の予測

本ツールの2つ目の機能は、任意のケーブル区間における伝送損失の将来予測値を出力する機能です。本

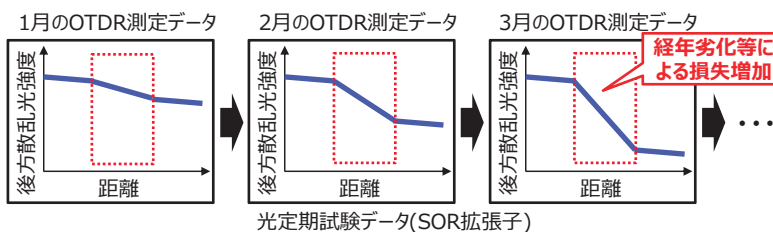
機能では、3.1で解析されたデータを学習データとして用いて回帰分析を行い、得られた回帰直線を任意の予測したい日付まで図4の赤線のように外挿することで、将来の伝送損失の予測値を算出します。予測値は図5に示すように、指定した予測月までの一覧として表示され、伝送損失の劣化予測を定量的に把握することができます。また、このとき伝送損失の予測値だけでなく予測誤差の推定値も同時に表示されます。ここでの予測誤差は、指定した信頼度の値（予測値が誤差範囲以内に収まる確率）と予測対象時期に基づいて自動で推定されます。本機能により、将来の伝送損失の予測値と誤差範囲を把握することが可能になり、ケーブル更改の計画策定に役立てることができます。

4. まとめ

本稿では、光ファイバケーブルの将来の損失を予測するツールについて紹介しました。本ツールを用いることで、経年劣化等による伝送損失の変化を起因とした故障を未然に防ぎ、計画的な設備更改に貢献できると考えています。現在、本ツールの活用方法についてNTT東日本、西日本の関連部署と協議を行っています。今後は、さらなる予測精度向上をめざし、機械学習等の活用も視野に入れて検討を進めていきます。

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。

引き続き現場のお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います。



光損失予測ツール1.0

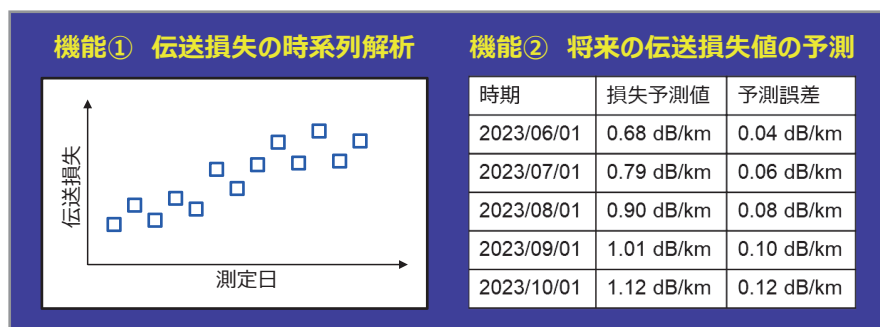


図3 光損失予測ツール1.0の概要

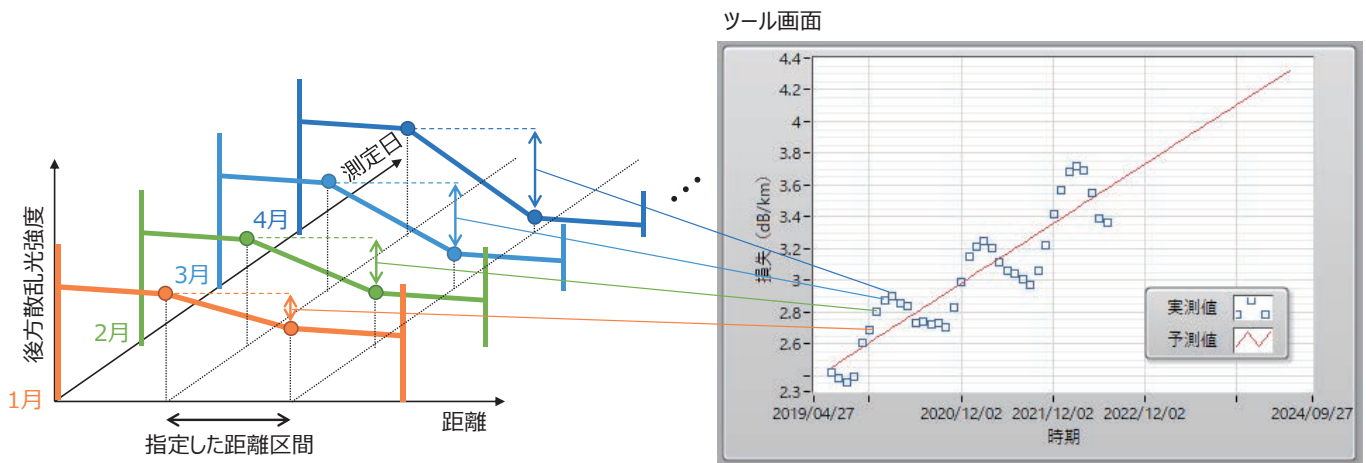


図4 伝送損失の時系列解析の概念図

測定時期	損失予測値 (dB/km)	予測誤差 (dB/km)
2022/07/31	3.604208	0.244726
2022/08/30	3.635487	0.256302
2022/09/30	3.666767	0.268041
2022/10/30	3.698047	0.279942
2022/11/29	3.729326	0.292006
2022/12/30	3.760606	0.304233
2023/01/29	3.791886	0.316622

図5 伝送損失の将来予測結果の出力例

■参考文献

- (1) 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。
- (2) テクニカルソリューション、"光ファイバ故障時における探索方法、"NTT技術ジャーナル、Vol.18、No.10、pp.53-54、2006。
- (3) Telcordia SR-4731, "Optical Time Domain Reflectometer (OTDR) Data Format," Issue 2, 2011.

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通信建設会社の皆様に対し、OJTとして来ていただける方を募集しております。

OJTでは、アドバイザーの指導のもと、基礎知識や各種測定器の使い方に加え、故障現場での切り分けノウハウの習得等を通じて高度かつ専門的な技術力の向上を目指します。また、期間、内容等については、ご要望に応える形で決めていますので、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。

電話 03-5480-3711 メール gikyo-ml@east.ntt.co.jp

◆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

アクセス技術担当 03-5480-3701 [光・メタルケーブル設備、光アクセスシステム 等]

ネットインターフェース技術担当 03-5480-3702 [電話/各種NWサービス故障対応 等]

材料技術担当 03-5480-3703 [腐食・防食、材料劣化、延命対策 等]

EMC技術担当 03-5480-3704 [無線LAN、ノイズ・雑音、誘導対策、雷害対策 等]