

MT9083 アクセスマスタ Fiber Visualizer および光コネクタ端面検査機能の開発 —現場作業を飛躍的に簡単・確実に—

The development of Fiber Visualizer and connector inspection function on MT9083 ACCESS Master -A Dramatic Simplification of Field Works-

村上太一 Taichi Murakami, 牧 達幸 Tatsuyuki Maki, 福嶋大輝 Taiki Fukushima, 山崎智英 Tomohide Yamazaki

[要 旨] モバイルバックホールの光ファイバ化に伴い、光ファイバケーブルの取り扱いが不慣れな作業者が OTDR を使用するケースが増えてきた。MT9083 アクセスマスタの機能拡張として、光ファイバの敷設状態が Pass/Fail で簡単に判定可能で、かつ各イベント(光ファイバの曲げ部や光コネクタ接続部)が見やすく配置されたアイコンで表示される Fiber Visualizer 機能を開発した。また、現場で最もトラブルの多い光コネクタの傷や汚れを検査する光コネクタ端面検査機能を開発した。IEC61300-3-35 に準じた光コネクタの端面の自動判定が可能となり、可搬性にも優れるため、現場の作業効率が大幅に向上する。

[Summary] Utilization of optical fiber cable for the mobile back haul is extremely increasing to cover high capacity network. Although the OTDR is a really useful tool for construction and maintenance of the optical fiber cable network, inexperienced OTDR user is increasing. We have developed Fiber Visualizer as part of the MT9083 ACCESS Master enhancement to simplify OTDR testing and to respond such a request in the field. The Fiber Visualizer can test optical fiber cable by the automated Pass/Fail analysis with tremendously good-looking icons. We also have developed new optical connector inspection function which inspects the most troublesome issue, damage of the optical connector endface. This function enables automated inspection based on IEC61300-3-35 analysis and improves efficiency of the field works.

1 まえがき

スマートフォンの普及に伴い、映像サービスなどの大容量コンテンツが頻繁にダウンロードされるようになり、モバイルのデータ容量は年々増加の一途をたどっている⁽¹⁾。

このモバイルデータの大容量化に対応するため、モバイルアクセスの高速・大容量化技術と並行して、基地局間や BBU(Base Band Unit)・RRH(Remote Radio Head)間の同軸ケーブルが光ファイバケーブルに置き換えられている⁽²⁾⁽³⁾。

光ファイバケーブルは同軸ケーブルに比べて伝送容量を飛躍的に向上させることができる反面、曲げや引っ張りに弱く、破損や光損失増加を招きやすいため、建設・保守時には細心の注意を払う必要がある。ところが現場では、今まで同軸ケーブルを主に取扱ってきた作業者が光ファイバケーブルを取り扱う場面が増えてきており、このような作業でも容易に光ファイバの建設・保守ができる測定器が望まれている。

MT9083 アクセスマスタでは、光ファイバケーブルの取り扱いに不慣れな作業でも、容易に光ファイバケーブルの建設・保守ができるように、光ファイバの状態を Pass/Fail で簡単に判定でき、各イベント(光ファイバの曲げ部や光コネクタ接続部)をイメージしやすいアイコンで表示した Fiber Visualizer 機能を開発した。この機能により、今までの OTDR では必須であった測定波形から光ファイバ

ケーブルの状態を解析する作業者のスキルが不要となり、今まで同軸ケーブルしか取扱ったことのない作業でも、容易に光ファイバケーブルの建設・保守の工事に携わることができるようになった。

図 1 に本器の外観を示す。



図 1 MT9083 アクセスマスタ外観
External View of MT9083 ACCESS Master

光ファイバケーブルを取り扱う現場では、反射や接続損失の増加の原因となる光コネクタ端面の汚れや、傷のトラブルが最も多い。現在現場で多く用いられているシングルモードファイバは光を伝搬するコア(径 10 μm)とそれを囲んだクラッド(径 125 μm)で構成されている。光ファイバケーブルの接続は、光コネクタを用いて接続する光ファイバケーブルのコア端面同士をつき合わせることで行われる。従って、コアに汚れが付着すれば光損失が増加して光信号を伝達できなくなり、伝送トラブルを引き起こす。コア径は 10 μm ととても小さく、目視では汚れを判断できないため、現場では光コネ

クタ端面検査器を用いて光コネクタ端面を拡大し、汚れや傷などを観察し、汚れがあればクリーナなどで拭き取り、傷があれば光ファイバを交換したり光ファイバ端面の損傷を修繕するなどして、トラブルを未然に防いでいる。今回、我々はこれらの作業を簡便にするための、光コネクタ端面検査機能も新たに開発した。

本稿では、2章においてMT9083シリーズアクセスマスタの構成と主要機能について述べ、3章においてFiber Visualizer機能、4章において光コネクタ端面検査機能の開発の要点について述べる。

2 MT9083 シリーズ アクセスマスタ

2.1 基本構成

MT9083 シリーズは、当社アクセスマスタの海外向けモデルであり、OTDR 機能に加え、光パワーメータ、安定化光源および可視光源を1台に内蔵した光ファイバの試験に適したオールインワン測定器で、ダイナミックレンジ性能や、対応波長、光パワーメータの有無など、用途に応じて選択できるように複数のモデルをラインナップしている。

OTDR 性能においては従来のモデル⁽⁴⁾に比べて、光学部品の高性能化や受信回路の S/N 比改善がなされ、業界トップクラスの短イベントデッドゾーン 0.8 m を維持しながら MT9083C2 ではダイナミックレンジを最大 46 dB まで拡大している。これにより 200 km を超える光ファイバの測定や、最大 128 分岐のスプリッタを含む PON システムの測定が可能である。一般性能においては屋外での作業を考慮して AR コート付き 7 インチワイドの LCD パネルを採用し、視認性を高めている。また部品点数の削減、自動電源制御機能により省消費電力を図り、バッテリー持続時間 12 時間を達成し、充電することなく、ほぼ一日連続して作業を続けることができる。本器の構成を図 2 に、MT9083 シリーズの性能一覧を稿末の表 2 に示す。

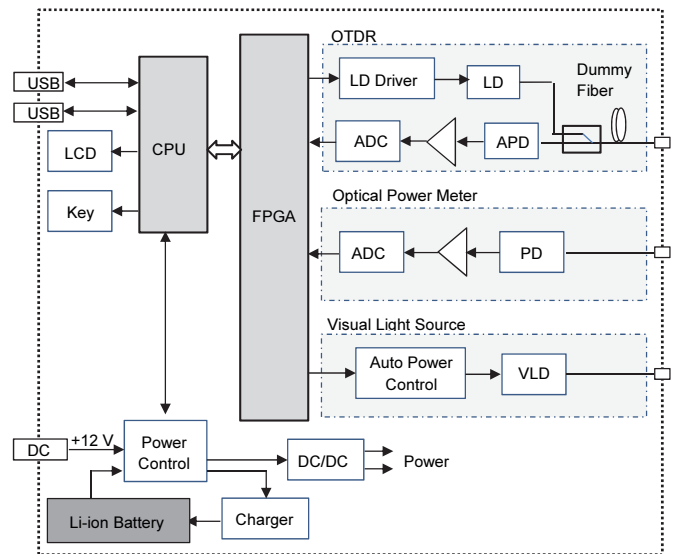


図 2 MT9083 シリーズ基本構成ブロック図
Fundamental Block Diagram of MT9083 Series

2.2 OTDR 測定機能

これまでの MT9083 シリーズでは OTDR 測定機能として以下の 3 つのモードを搭載していた。

- Standard mode
- Fault Locate mode
- Construction mode

Standard mode は、OTDR 測定に熟練した作業者向けのモードで、距離レンジやパルス幅などの OTDR 測定パラメータをマニュアルで設定して使用する。Fault Locate mode は、光ファイバを接続して測定開始ボタンを押すだけで、接続された被測定ファイバに最適な測定パラメータを自動設定し、OTDR の測定結果である被測定ファイバの障害点(イベント)をイベントテーブルで表示するモードである。Construction mode は、予め設定された OTDR 測定パラメータで被測定ファイバを切り換えながら測定できるため、多芯のファイバの導通確認作業などを簡素化できるモードである。

図 3 に Fault Locate mode の画面を示す。本機能では光ファイバの故障位置や、遠端位置を検出し、各イベントの距離、種類そして損失を表形式で表示できるが、数字情報が多いため、光ファイバの状態をイメージし難く、一見しただけでは不具合箇所が分かり難いという欠点があった。このような欠点を改善するため、我々は Fault Locate 機能に置き換わる新たな機能として Fiber Visualizer 機能の開発を行った。

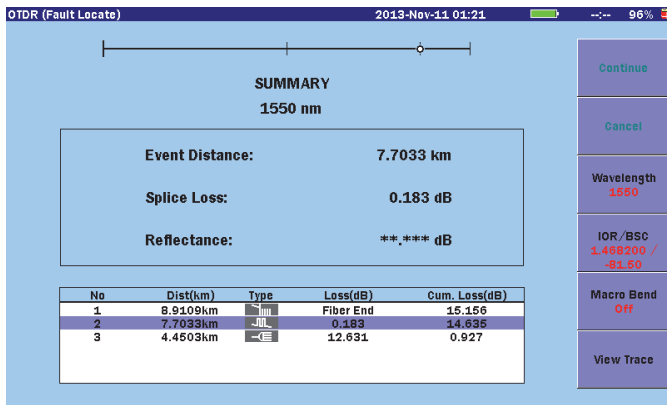


図 3 Fault Locate mode 画面
Display of Fault Locate mode

3 Fiber Visualizer 機能の開発

3.1 開発コンセプト

Fiber Visualizer では、OTDR に関する特別な知識を持っていない作業員でも容易に OTDR 測定を行うことができ、一目で光ファイバの敷設状態および障害箇所を把握できることを主コンセプトとした。

3.2 開発方針

一般的に光ファイバケーブルの建設、保守などの工事において OTDR の取り扱いを難しくしている要因には、以下の 2 点が挙げられる。

- (A) 被測定ファイバの適切な測定条件の設定が難しい
- (B) 測定波形からの故障解析が難しい

(A) について説明する。OTDR の測定では、測定対象とする光ファイバケーブルに対して適切な距離レンジやパルス幅を設定しないと、期待する波形を得られない。例えば、設定距離レンジを誤っていると光ファイバ長を正しく判定できず、実際には問題がない光ファイバケーブルであっても障害が発生していると勘違いする恐れがある。近年、モバイルアクセスにおいては BBU と RRH 間が光ファイバで接続されることが一般的になってきていることを前述したが、現場では、今まで OTDR を扱ったことのない作業員も多く、最適な測定条件を設定するのは難しい。

(B) については、光ファイバおよび OTDR の特性を十分に理解していない作業員にとっては、光ファイバケーブルの反射や曲げによる損失などの現象がどのように測定波形に現れるかを理解し、その波形から故障箇所を解析することは非常に難しく、光ファイバの敷設状態の合否判定を困難にしている。

光ファイバや OTDR に関する知識やスキルがない作業員でも取り扱うことができる OTDR を実現するためには、これらの問題を解

決することが必要不可欠である。我々は、この問題を解決するために「画面デザイン」、「操作性」、「性能向上」について、以下のような開発方針を立てて開発を進めた。

- (1) 見やすい画面デザイン: アイコン表示で見やすく、障害点や作業結果の合否を一目で判別

これまでの GUI(Graphical User Interface)は、正しい測定結果を詳細に表示させることに比重が置かれることが多く、見やすさやデザインは後回しにされてきた。Fault Locate mode でも障害点ごとの測定結果を表示していたが、数値だけの表示となっており、一目で光ファイバケーブルの敷設状態を把握しにくい表示であった。

しかしスマートフォンに代表される携帯型端末の急速な普及により、直感的でグラフィカルな画像、特にアイコン表示にユーザが慣れてきている。そこで作業員にとって必要な情報をアイコンで表示し、これらを見やすく配置することによって、障害点と作業結果の合否を一目で判別できるようにし、しかもこれまでの MT9083 シリーズにはないグラフィカルなデザインに刷新する。

- (2) 容易な操作性: ワンボタンで測定から合否判定まで

幅広いシチュエーションに対応すべく、MT9083 シリーズには多彩な機能が搭載されているが、逆に機能が多彩な故に、どの機能を使用すれば良いのか、またどのように操作すれば良いのかを分かり難しくしている。このため MT9083 シリーズは測定条件を自動的に設定する機能や前述の Fault Locate mode のように自動で障害点を検出する機能を搭載していたが、ユーザによっては使用方法や測定結果が分かりにくく、この機能が十分に活用されていない。

本開発では、これらの様々な機能を集約し、ワンボタンで自動的に測定ができ、測定結果をすばやく確認できる操作性を実現する。また障害点の自動検出機能を拡張し、光ファイバの敷設状態を作業員に代わり自動的に合否判定する。

- (3) 性能アップ: 障害検出精度の向上

モバイルアクセスでの使用を視野に入れると、BBU-RRH 間は長くても 200 m 程度と、従来の光ファイバ敷設現場と比較して短距離になる。この短距離化に対応できるように自動検出の精度を向上させる。

3.3 実現手段

3.3.1 見やすい画面デザイン的设计

開発方針(1)の見やすい画面デザインについては、以下の方法で実現した。

図4に示すように、Fiber Visualizerの画面は、①イベントアイコン、②合否判定結果、③ファイバ全体図、④イベントのOTDR波形で構成した。本機能の最も大きな特徴である①のイベントアイコンはイラスト化したイベント種別、距離、そして伝送損失を一つのアイコンで表した。これにより作業が必要とするイベントの情報を簡単に確認できる。またロータリエンコーダによりイベントを移動させ、注目するイベントを拡大することでユーザ操作を直感的にした。

②の合否判定結果は解析したイベントの情報から判定する処理を追加し、これを画面下部に大きくPASSまたはFAILと表示した。これにより作業者はイベントの情報とOTDR波形を解析することなく作業結果の良否が確認できる。またFAILと判定した場合には問題となるイベントのアイコンを赤色で表示し、どのイベントが問題か容易に分かる。

③のファイバ全体図では各イベントを棒グラフ上に、その良否で色付けたマーカで図示した。こうすることでイベントの位置関係が一目で把握でき、実際の光ファイバケーブル上の故障箇所を探索するスピードの向上が狙える。

④のOTDR波形は、イベント種別と測定波形をリンクし確認できるように、画面右下に選択しているイベントの波形を拡大して表示させた。この表示によって光コネクタの反射や曲げといった障害がOTDR波形でどのように現れるか確認でき、光ファイバやOTDRを取り扱ったことがない作業者が自身で故障診断ができる知識の向上が図れる。なお、画面下部のTraceキーを押下することで全体のOTDR波形を確認することも可能である。

このようにFiber Visualizerでは、「分かりやすさ」を追求した画面デザインにこだわったものとなっている。

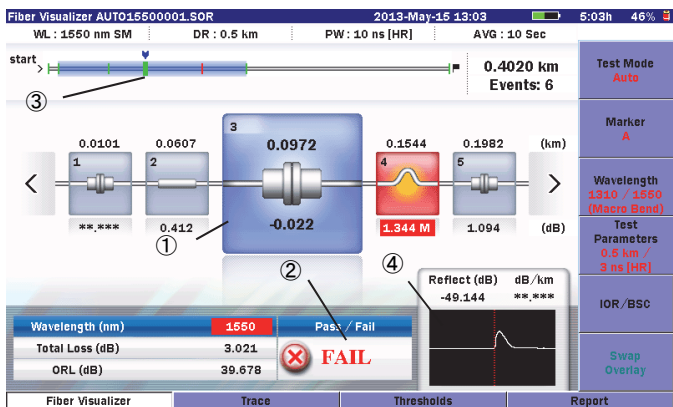


図4 Fiber Visualizer 画面例
An Example of Fiber Visualizer

3.3.2 容易な操作性と性能アップ的设计

次に開発方針(2)の容易な操作性と(3)の性能アップ的设计について述べる。機能や設定が多くなると操作が複雑化することも多くなるが、Fiber Visualizerは自動起動を有効にすることで、電源投入後のスタートボタンでOTDR測定に必要な設定、測定を本器内部で自動的に行われるような処理に変更し、【電源ON】→【被測定光ファイバ接続】→【Startボタンを押す】というわずか3ステップで測定から障害点の解析、合否判定を可能とし、「誰でも簡単に」操作できるOTDRを実現した。

しかしながらワンボタンで障害点を正確に検出するには、最適な測定条件を自動設定でき、測定した波形から高精度に障害点を解析する必要がある。前述のようにモバイルアクセスでは、数十メートルから長くても数百メートルの光ファイバが使用されることが多い。また光ファイバの接続間隔も数メートルと短く、高い空間分解能で測定するためには細いパルス幅で測らざるを得ない。その結果、測定波形にはノイズ成分が大きくなり、短距離での自動設定や障害検出の再現性が悪化する場合がある。

Fiber Visualizerでは、この問題を解決するため短距離測定時に限定した解析モードを新たに付け加え、これに特化したアルゴリズムを開発した。このアルゴリズムを用いて測定した結果の例を図5に示す。この結果から最小で4m以下の近接した光コネクタ接続においても高精度にイベントが検出可能であることが分かる。

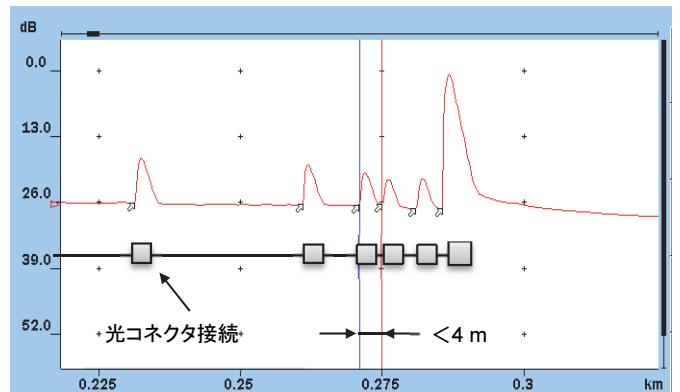


図5 短距離測定時のイベント検出結果の例

An Example of event detection result in short fiber measurement

Fiber Visualizerで取り入れたもう1つの機能として、レポート出力機能がある。これまでMT9083シリーズで測定した結果は、SR4731形式などの波形データファイルに保存し、USBメモリなどのPCなどにコピーした後、Windows用エミュレーションソフトウェアで読み込んで作業報告書を作成していた。

Fiber Visualizerでは測定器本体でPDFレポートを作成し、作

業効率を飛躍的に向上できる。図 6 に作成したレポートの例を示す。レポートにはヘッダー情報や測定条件、イベントアイコンと合否判定結果に加え、OTDR 波形の全体図も出力される。



図 6 Fiber Visualizer のレポート例
An Example of the Fiber Visualizer report

4 光コネクタ端面検査機能の開発

4.1 開発のコンセプトおよび方針

1章に述べたように、一般的に光コネクタ端面上の傷や汚れは余分な端面反射や伝送損失を発生させ、伝送路においてはそのパフォーマンスを著しく劣化させる要因となる。従来のファイバスコープを用いた光コネクタ端面検査は、その良し悪しは作業者の視覚的な主観によるところがあり、また作業者のスキルや経験に大きく依存していたため、接続状態にバラつきを生じていた。

光コネクタ端面の状態について、その傷の幅や長さ、汚れの大きさに対する反射や損失の定量的な扱いが、これまで多くの研究によりなされている⁽⁵⁾⁽⁶⁾。国際電気標準会議 (IEC: International Electrotechnical Commission) ではこれらの研究を基に現場での光コネクタ端面検査を体系的なものとするため、IEC61300-3-35⁽⁷⁾ を制定し、光コネクタ端面検査における合格/不合格の判定基準を標準化した。

MT9083 アクセスマスタでは、これまでファイバスコープの画像を表示するのみであったが、今回我々は作業者によらず一元的な光コネクタ端面の検査が簡単かつ効率的にできることをコンセプトとし IEC61300-3-35 に準じた自動解析機能を開発する。また、現場での作業性をこれまでより向上させるため、ファイバスコープ本体についても開発し、小型、軽量化を図る。

4.2 自動解析機能

自動解析機能では取得した画像からピクセルごとのデータを解析し、ファイバ中心位置、クラッド端の検出を自動的にを行い、IEC61300-3-35 に準じた領域 (Zone) に分割する。次に各 Zone における傷および汚れを抽出し、規定に照らし合わせ合格または不合格の判定および解析した結果を一覧表として表示する。表 1 に一例として、シングルモードファイバ用 PC 研磨光コネクタ (反射減衰量 ≥ 45 dB) の判定基準を示す。IEC61300-3-35 では各種光コネクタごとに、その接続品質を維持するための傷やゴミの大きさ、数量をいくつかの Zone に分け、その光コネクタの合否基準を規定している。

表 1 シングルモードファイバ、PC 研磨の規定の例

Zone	Zone Name	Scratches	Defects
A	Core	None	None
B	Clad	No limit <3 μm None >3 μm	No limit <2 μm 5 from 2 μm to 5 μm None >5 μm
C	Adhesive	No limit	No limit
D	Contact	No limit	None >10 μm

(反射減衰量 ≥ 45 dB, IEC613003-35 より抜粋)

この機能により光コネクタ端面状態を光ファイバの取り扱いに不慣れた作業者でも一定の基準の下に合否を判定し、光コネクタの接続品質を維持できる。さらに本機能では、レポート出力機能も備えており、光コネクタ端面の解析結果だけでなく、Fiber Visualizer と連携したレポートを PDF ファイルとして出力することで現場での作業効率を大幅に向上できる。図 7 に本機能の画面例を示す。

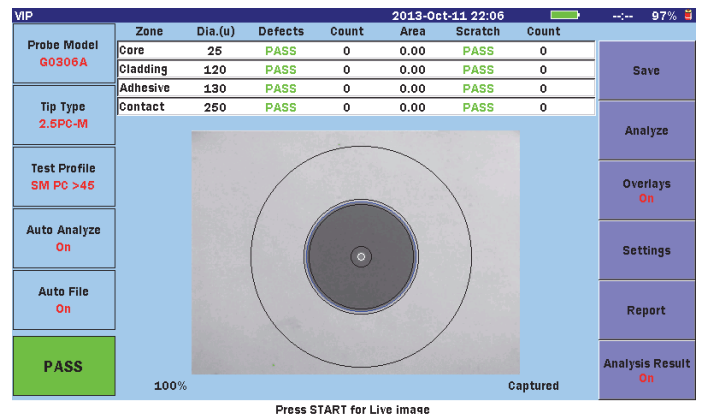


図 7 自動検査機能の結果例
An Example of auto analysis result

また今回我々は同様の作業を PC 上でも行えるよう Windows 用アプリケーションである MX900030A Connector Master™ についても開発を行った。本ソフトウェアは MT9083 と同等の機能を備え、それぞれにおいて取得した画像ファイルは相互に読み込むことができる。例えば現場で取得した画像をオフィスの PC にて再度解析し、レポートを作成するなどの作業が可能である。図 8 に MX900030A のメインウィンドウ画面を示す。

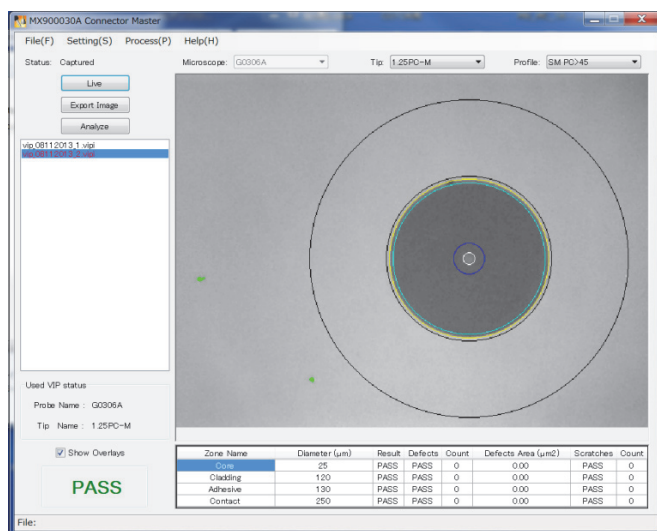


図 8 MX900030A Connector Master™

4.3 G0306A ファイバースコープ

当社従来品のファイバースコープでは、本体に USB コンバータを接続してアナログビデオ信号をデジタル信号に変換する必要があり可搬性が悪く現場での作業がしづらいものであったが、G0306A は USB ケーブル直出しとし、本体サイズ 46.5 (H) × 165 (W) × 31 (D) mm、重量 150 g 以下と、トータルでの小型化、軽量化を実現した。また画像フォーマットは Motion JPEG を採用しており VGA (640 × 480) の解像度で 30 fps のスピードで画像を表示することが可能であり、1 ピクセルあたりの最小分解能は 1 μm 以下である。図 9 に G0306A ファイバースコープの外観を、図 10 に使用例を示す。



図 9 G0306A ファイバースコープ外観
External View of G0306A FiberScope



図 10 G0306A ファイバースコープ使用例
An Example of use G0306A Fiber Scope

5 むすび

モバイルアクセスの大容量化に伴い、同軸ケーブルから光ファイバケーブルへ移行しているため、光ファイバケーブルの取り扱いに不慣れた作業者が扱うケースが増えており、このような作業者でも容易に光ファイバの建設・保守ができる測定器が望まれている。我々はこの機会を確実に捉えるため、Fiber Visualizer 機能と光コネクタ端面検査機能を開発した。これらの機能により、作業者は専門的な知識がなくとも測定結果の可否を簡単に判断することが可能のため、光ファイバケーブルについての教育や測定器のトレーニングなどを実施することなく作業に取り掛かることが可能である。また光コネクタ端面の汚れ状態を作業者の主観ではなく、客観的な観察結果により判断できるため、安定した工事が可能となり接続時のトラブルを未然に防ぐことができる。

これまで当社の OTDR はダイナミックレンジ性能や短デッドゾーン性能で差別化を実施してきた。今回開発した機能は今まで光ファイバを取り扱ったことがない作業者でも簡単に光ファイバの障害が発見できることに重点を置き、実際に多くの採用実績を上げている。今後もモバイルアクセスの更なる拡大が期待されるため、多くのユーザにこの機能を体感してもらい、光ファイバの取り扱いに対する障壁を下げることに貢献していく。

参考文献

- 1) “Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2012-2017”, Cisco Visual Networking Index, February 2013
- 2) N. Yoshimoto, “Optical Wireless Integration and Mobile backhaul Networks” Photonics Society Summer Topical Meeting Series 2012, pp139-140
- 3) T. Orphanoudakis, E. Kosmatos, J. Angelopoulos, and A. Stavdas, “Exploiting PONs for mobile backhaul” Communication Magazine, IEEE, Vol.51, Issue2, pp. S27-S34, February 2013
- 4) Y. Imazu, M. Shimizu, K. Kato, S. Hori, K. Iwasaki, “Development of the all-in-one MT9080 AccessMaster series for FTTH maintenance,” Anritsu Technical No. 82, pp. 30-37, March 2006
- 5) E. Avram, W. Mahmood, and M. Ozer, “Quantification of Scattering From Fiber Surface Irregularities” Journal of Lightwave Technology, Vol.20 No.4 pp634-637, April 2002
- 6) Z. He, W. Mahmood, E. Sahinci, N. Ahmad, and Y. Pradieu, “Analysis on the Effects of Fiber End Face Scratches on Return Loss Performance of Optical Fiber Connectors” Journal of Lightwave Technology, Vol.22 No.12 pp2749-2754, December 2004
- 7) IEC 61300-3-35 Fibre optic interconnecting devices and passive components - Basic test and measurement procedures – Part 3-35: Examinations and measurements – Fibre optic connector endface visual and automated inspection, Edition1.0, 2009

執筆者



村上 太一
R&D 統轄本部
商品開発本部
第1商品開発部



牧 達幸
R&D 統轄本部
商品開発本部
第1商品開発部



福嶋大輝
R&D 統轄本部
商品開発本部
第1商品開発部



山崎 智英
R&D 統轄本部
商品開発本部
第1商品開発部
博士(工学)

表 2 MT9083 シリーズアクセスマスタ主要規格一覧

OTDR 性能

MT9083C2				
Options	Wavelength	Dynamic Range*1	Fresnel Deadzone	Backscatter deadzone
MT9083C2-053	1310/1550 nm ±25 nm	46/46 dB	≤1 m ≤80 cm (typ.)	≤3.8/4.3 m
		25/25 dB (Pulse width: 100 ns)		
MT9083C2-057	1310/1550/1625 nm ±25 nm	46/46/44 dB		≤3.8/4.3/4.8 m
		25/25/23 dB (Pulse width: 100 ns)		
MT9083B2				
Options	Wavelength	Dynamic Range	Fresnel Deadzone	Backscatter deadzone
MT9083B2-053	1310/1550 nm ±25 nm	42/41 dB	≤1 m ≤80 cm (typ.)	≤5/5.5 m
MT9083B2-055	1310/1550 nm ±25 nm 1645 to 1655 nm	42/41/35 dB		≤5/5.5/6.5 m
MT9082B2-056	1310/1490/1550 ±25 nm	42/41/41 dB		≤6/6.5/6.5 m
MT9083B2-057	1310/1550/1625 nm ±25 nm	40/39/38 dB		≤6/6.5/7.5 m
MT9083B2-058	1310/1490/1550/1625 nm ±25 nm	42/41/41/40 dB		≤7/7.5/8.5 m
MT9083B2-063	1310/1550 nm ±25 nm (SMF)	42/41 dB		≤5/5.5 m
	850/1300 nm ±30 nm (MMF)	29/28 dB		≤4/5 m
MT9083A2				
Options	Wavelength	Dynamic Range	Fresnel Deadzone	Backscatter deadzone
MT9083A2-073	1310/1550 nm ±25 nm	39/37.5 dB	≤1 m ≤80 cm (typ.)	≤5/5.5 m
MT9083A2-055	1310/1550 nm ±25 nm 1645 to 1655 nm	38.5/37/34.5 dB		≤5/5.5/6.5 m
MT9083A2-057	1310/1550/1625 nm ±25 nm	37/35.5/32.5 dB		≤6/6.5/7.5 m
MT9083A2-063	1310/1550 nm ±25 nm (SMF)	39/37.5 dB		≤5/5.5 m
	850/1300 nm ±30 nm (MMF)	29/28 dB		≤4/5 m

*1: 特に指定がない限り最大パルス幅での値

共通性能

Vertical Scale	0.13, 0.33, 0.65, 1.3, 3.25, 6.5, 13 dB/div			
IOR Setting	1.400000 to 1.699999 (0.000001 steps)			
Sampling Points	Normal: 5001, High density: 20001 or 25001, Very high density: 100,001 or 150,001			
Sampling Resolution	5 cm (min.)			
Reflectance Accuracy	Single mode: ±2 dB, Multimode: ±4 dB			
Distance Accuracy	±1 m ±3 × measurement distance × 10 ⁻⁵ ± marker resolution (excluding IOR uncertainty)			
Distance Range	Single mode: 0.5, 1, 2.5, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 300 km Multimode: 0.5, 1, 2.5, 5, 10, 25, 50, 100 km			
Dimension and Mass	Without Protector	Dimensions: 270 (W) × 165 (H) × 61 (D) mm, 10.6 × 6.5 × 2.4 inches Mass: 1.6 kg, 1.9 kg including battery		
	With Protector (Option 010)	Dimensions: 284 (W) × 200 (H) × 77 (D) mm, 11.1 × 7.9 × 3 inches Mass: 2.6 kg including battery		
Display	7-inch TFT-LCD (800 × 400, with LED backlight), indoor/outdoor type			
Interface	USB 1.1, Type A × 1 (memory), Type B × 1 (USB mass storage)			
Data Storage	Internal memory: 440 MB (up to 1000 traces) External memory (USB): up to 30,000 traces with 512 MB			
Power Supply	12 V (dc), 100 V (ac) to 240 V (ac), Allowable input voltage range: 90 V to 264 V, 50 Hz/60 Hz			
Battery	Type: Lithium-ion Operating Time*1: 12 hours, Telcordia GR-196-CORE Issue 2, September 2010 Recharge Time: <5 hours (power off)			
Environmental Conditions	Operating temperature and humidity: -10° to +50°C, <80% (non-condensing) Storage temperature and humidity: -20° to +60°C, <80% (non-condensing) Vibration: Conforming to MIL-T-28800E Class 3 Dust proof: MIL-T-28800E (Dust Exposure) Class 2 Drip proof: IP51 (IEC 60529), JIS C 0920 TYPE I			
EMC	EN61326-1, EN61000-3-2			
LVD	EN61010-1			

公知