

擬似ランダム符号相関方式によるファイバレーリ散乱の検出

Detection of Rayleigh Back Scattering by Pseudorandom Noise code Correlation Reflectometry

斧田 誠一
Seiichi Onoda

井上 恵一
Keiichi Inoue

中田 俊行
Toshiyuki Nakata

湯本 攻
Osamu Yumoto

塚本 信夫*
Nobuo Tsukamoto

(株)渡辺製作所 開発部
WATANABE CO.,LTD. R&D Division

* (有)DSP 技研
DSP Technology Associates, Inc.

1. まえがき

光ファイバの反射イベント（フレネル反射とレーリ反射）を簡便に検出する目的で、以前提案した変調周波数領域の反射計測方式¹⁾に代わって擬似ランダム符号相関方式（PNCR：Pseudorandom Noise code Correlation Reflectometer）を検討している。フレネル反射は反射レベルが大きいため比較的検出が容易であるが、レーリ反射は数桁レベルが低いため、相応に符号長を長くしなければならない。本報ではまずファイバにおけるレーリ散乱の反射応答を検証し、PNCR によるレーリ反射検出の原理検討結果について報告する。

2. レーリ後方散乱の反射応答解析

光ファイバの、レーリ反射の伝達関数 $G(\omega, L)$ ²⁾ は (1) 式であたえられる。

$$G(\omega, L) = \frac{S\alpha_s v}{2} \frac{1 - \exp\left\{-\frac{2L}{v}(\alpha_s v + j\omega)\right\}}{\alpha_s v + j\omega} \quad (1)$$

インパルス応答 $g(t, L)$ は、式 (1) をフーリエ逆変換することによって OTDR でなじみの式 (2) のようになる。

$$g(t, L) = \begin{cases} \frac{S\alpha_s v}{2} \exp(-\alpha_s v t) & 0 < t < \frac{2L}{v} \\ 0 & t > \frac{2L}{v} \end{cases} \quad (2)$$

3. レーリ反射の周波数応答

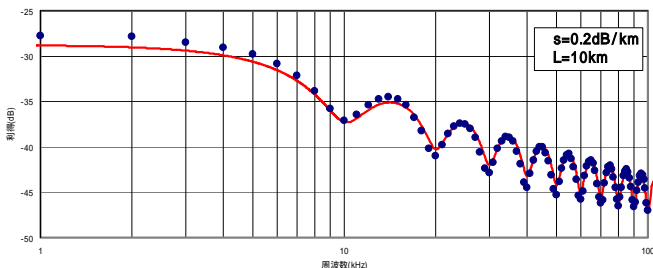


図 1 10km 長ファイバの反射周波数応答

ネットワークアナライザを用いて波長 1,550nm に対する 10km 長ファイバの反射周波数応答を求めた結果を図 1 に示す。図で実線は式 (1) による理論計算値、プロットは実測値で、両者よく一致している。

4. 擬似ランダム符号相関によるレーリ反射検出

光ファイバを対象とした擬似ランダム符号相関による光反射計測方式の原理構成を図 2 に示す。波長 1,550nm の多モード発振の

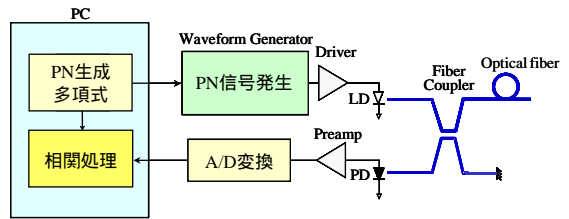


図 2 擬似ランダム符号相関方式の原理構成

LD をランダム符号でデジタル強度変調し、ファイバコブラを介して被測定ファイバに接続したときの反射光をコブラの他端より検出、送信ランダム符号との相互相関を取って出力とすれば、送信ランダム符号の自己相関関数（デルタ関数に近似）とファイバ反射伝達関数との畳込み積分と等価になるから、OTDR と同様ファイバ反射系のインパルス応答（式 2）が得られるわけである。

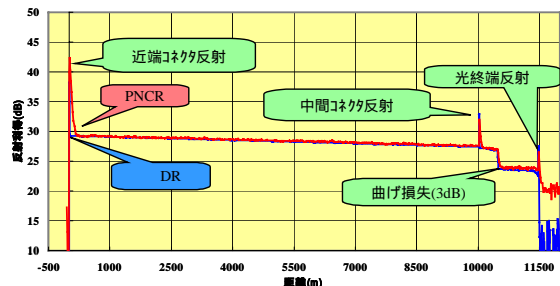


図 3 ファイバのレーリ反射応答特性

前記と同じ 10km ファイバに 1.5km をコネクタで繋ぎ、途中 3dB の曲げ損失を与えたものを対象に、上記構成によってファイバの反射インパルス応答を求めた。符号長 2^{28} 、チップ速度は 6.25MHz である。結果を図 3 に示す。図で青線は OTDR、赤線が PNCR による応答波形で、両者で一致していることがわかる。

以上、ファイバのレーリ反射応答特性を評価し、擬似ランダム符号相関による光反射計測方式の有用性を検証した。

なお本研究は経済産業省の地域新生コンソーシアムの補助を受けて行っているものである。

謝辞

コンソーシアムでご協力いただく日置電機(株)手塚部長、丸山研究員、(株)リンク山西部長、荻野副部長、鹿児島大山下教授はじめ、日頃ご助言賜る NTT 東日本技協センタ高谷課長、NTT ME 太田所長に感謝致します。

参考文献

- 1) 斧田、井上他 “ 変調周波数領域光反射計測方式の応答解析と原理実験 ” 通信学技術報告R2004-59, EMD2004-101(2005-2)
- 2) 大越他 “ OFDRによる光ファイバ伝送路の障害点検出 ” 信学会研資 OQE82-23, 1982