

時間差透過/反射比方式(DT3R)の高速化 Speed-up of Delayed Transmission/Reflection Ratiometric Reflectometry

井上恵一*
Keiichi Inoue

荻野峰夫**
Mineo Ogino

斧田誠一*
Seiichi Onoda

* (株)渡辺製作所
WATANABE Co., Ltd.

** (株)リンク
Link Laboratory Inc.

1. まえがき

筆者らはこれまで FBG のような狭スペクトルの反射センサを対象に、時間領域で多点同時観測する新しい計測方式として、擬似ランダム符号相関方式(PNCR*)¹⁾をベースとした時間差透過/反射比計測方式(DT3R**)を提唱し²⁾、温度センシングならびに動歪センシングの実証結果を報告した³⁾。一方、近年 AE(Acoustic Emission)や高速微小変位計測など、応答速度の速い光ファイバセンシングへの要望が高まってきている。ポリクロメータやチューナブル光源、チューナブルフィルタなどを用いる従来の FBG センシング方式では、それらの波長掃引速度に一定の制約があるため、動特性はおおむね 500Hz 程度に抑えられている。そこで今回先に提唱した DT3R の高速化を検討し、サンプルレート 3.3kHz の見通しを得たので報告したい。

* Pseudorandom noise code Correlation Reflectometry

** Delayed Transmission/Reflection Ratiometric Reflectometry

2. DT3R の概要

DT3R のシステム構成を図 1 に示す。インタロゲータは PNCR をベースとした OTDR と光回路からなっている。FBG のネットワークは図のようなバス型でもスター型でもよいが、各センサを時間軸上で弁別同定するため、インタロゲータからの距離差が PNCR のチップ速度できまる一定以上になるようにすることが必要である。動作原理は以下のようなものである。

FBG の波長シフト域をカバーする連続スペクトル光源 (SLD) を PN 符号でデジタル変調してスルーラインファイバに打ち出す。センサ群からのブラッグ反射光をサーキュレータを介して光回路内の波長解析用傾斜フィルタに導入する。フィルタの透過光と反射光にダミーファイバによる遅延差を付与した合流光を受光検波後 AD 変換して、もとの PN 符号との相互相関をとると、センサネットワーク全体の反射インパルス応答波形が求まり、FBG センサごとに傾斜フィルタの透過および反射応答がダミーファイバ分だけ時間軸上で分離されるから、両レベルの比よりブラッグ波長シフトを割り出すことができる。

DT3R は PN 符号長を長くすることによって相関利得を大きくできるから、光源のパワが低くてよいだけでなく、多数回の平均化処理を行なうことなく SN を確保することができる。その分高速応答に向いている。

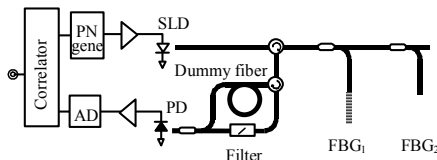


図1 DT3Rの系構成

3. 高速化の工夫

サンプルレートは PC-インタロゲータ間のデータ通信速度に制限される。現状、通信速度をサンプリングレートに換算すると 4kHz になるため、サンプルレート/符号長 $\leq 4\text{kHz}$ になるようにした。また、パソコンの I/O アクセス周期は 10ms 以上であるため、相関処理毎にインタロゲータにアクセスするのでは

100Hz 以上のサンプルレートは不可能である。よって、相関データは自動的に PC の受信バッファに蓄積させ、パソコンの I/O アクセス周期ごとを一括処理するようにした。

4. 高速化の効果

上記により、表1の条件で図2の実験系で片持ち梁に FBG を貼り付けて動歪検出の実験を行ったところ、図3の振動波形を得た。この実験例では FBG センサ部は 710Hz で振動しており、図3において 20ms で 65 点サンプルしていることからサンプルレートは 3.3kHz であることが確認できた。

表1 DT3R 実験条件

項目	設定値
符号長	$2^{14}-1$
チップレート	12.5MHz
ADサンプリングレート	25 Msps
センサ数	1
ファイバ長	400m

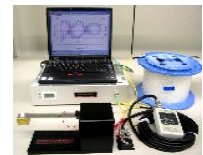


図2 実験系の外観

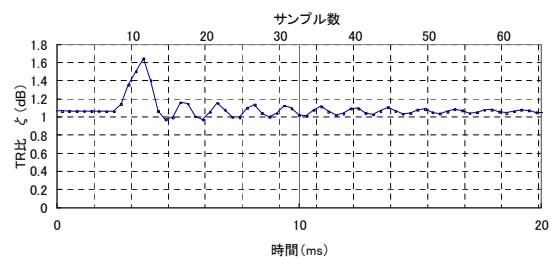


図3 実験結果例

5. あとがき

PNCR をベースとした DT3R 方式の高速化を検討し、サンプリング速度 3.3kHz を達成した。通常の動的変位計測や振動解析には十分な速度であるといえよう。さらに本報の高速化手法は先に提案している 2 波長プッシュプル反射計測方式 (DWPR)⁴⁾および透過/反射比計測方式 (TRS)⁵⁾に関しても、擬似ランダム符号相関方式に基づいているため全く共通のものであることを付け加えたい。

謝辞

日頃助言頂く DSP 技研塚本信夫氏、(株)リンクの山西社長に深謝します。

参考文献

- 1) “擬似ランダム符号相関方式によるファイバーレイ散乱の検出” 信学総大 C-5-12 斧田、塚本、荻野、丸山、山下
- 2) “時間差透過/反射光計測方式 (DT3R) の提案” 2008.8 OFT 研 OFT2008-24 斧田、井上
- 3) “時間差透過/反射比方式 (DT3R) による FBG 動歪センシング” 2009.3 信学総大 B-5-11 斧田、井上、中野、会田、中田、小松
- 4) “2波長擬似ランダム符号相関方式による BOF 温度センシングの試み” 2007.9 信学ソ大 CS-4-3 井上、塚本、荻野、山下、湯本、斧田
- 5) “時間差透過/反射センサ (TRS) による温度センシング” 2009.3 信学総大 B-13-6 斧田、井上、今井