

時間差透過/反射比方式(DT3R)による FBG 動歪センシング

Dynamic Strain Sensing by Delayed Transmission/Reflection Ratiometric Reflectometry

斧田誠一 井上恵一 中野正行 会田浩二 中田俊行 小松康俊
 Seiichi Onoda Keiichi Inoue Nakano Masayuki Aita Kouji Nakada Toshiyuki Komatsu Yasutoshi

(株)渡辺製作所
 WATANABE Co., Ltd.

1. まえがき

筆者らはさきに FBG のような狭スペクトル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、温度センシングの実証結果を報告した²⁾。今回は同方式によって FBG の動歪センシングを試み良好な結果を得たので報告する。

* Pseudorandom noise code Correlation Reflectometry
 ** Delayed Transmission/Reflection Ratiometric Reflectometry

2. DT3R の測定原理

温度や歪に応じて変化する FBG の反射スペクトルシフトは、FBG 反射光に対する傾斜フィルタの透過光と反射光に時間差を付与した合流光のインパルス応答から求めることができる。時間領域において分離された両光のパルス高のデシベル差が直接 FBG のスペクトルシフトに対応する。スペクトルシフト以外の外乱要素がキャンセルされることからロバストな計測が可能となるとともに、装置コストを大幅に削減することができる。

反射系のインパルス応答を得るにはパルス方式の OTDR でも良いが、ここでは光源が低パワで済み、より経済化が図れる PNCR を採用した。全体系の構成を図 1 に示す。帯域光源には C バンドの SLD を用いている。

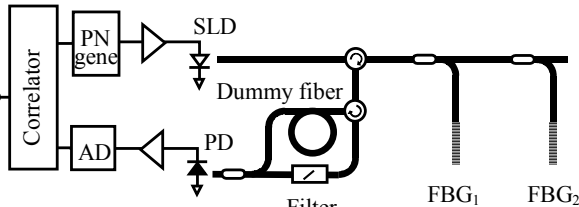


図 1 DT3R の系構成

3. 動歪センシングの実験検証

簡単のため FBG センサを単一とした場合の DT3R による動歪検出を試みた。実験に用いた FBG の反射中心波長の歪特性は図 2 のようである。図 3 に温度一定化した波長解析用傾斜フィルタのスペクトル特性を示す。波長に対して透過/反射率がプッシュプル変化する。

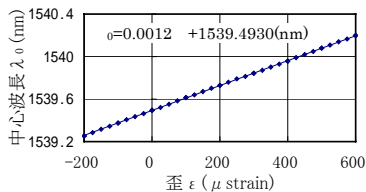


図 2 FBG 反射波長の歪特性

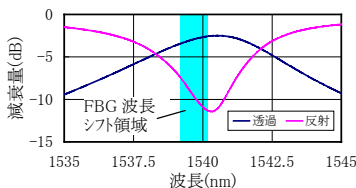


図 3 傾斜フィルタの波長特性

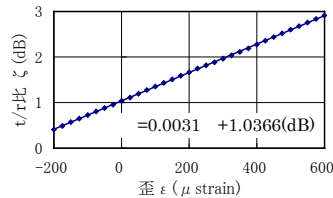


図 4 歪印加時の FBG 反射光に対する傾斜フィルタの透過/反射比

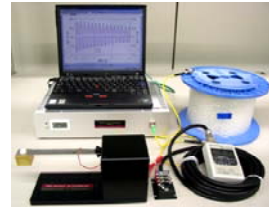


図 5 実験系の外観

図 4 は FBG に歪をあたえたときの FBG 反射光に対する傾斜フィルタの透過/反射率比 (t/r 比) と歪の関係である。図の通り両者は直接対応する。

図 5 は実験系の外観である。FBG への歪印加はステンレス製片持ち梁に FBG を接着固定して行った。表 1 に DT3R interrogator の主要諸元を纏めた。

表 1 DT3R interrogator の主要諸元

項目	設定値
符号長	2 ¹⁰ -1
チップレート	6.25MHz
サンプリングレート	12.5Msps
累積加算回数	16 回

片持ち梁を振動させたときの応答波形例を図 6 に示す。透過光と反射光レベルが曲げに応じて相補変化していることがわかる。図 7 は両者のデシベル差から求めた動歪波形である。振動周波数は 5Hz であるが、信号処理の工夫により 2KHz までの応答が可能であることを確認している。

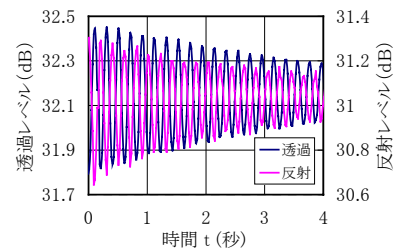


図 6 DT3R 反射応答波形

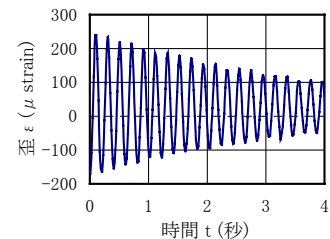


図 7 t/r 比から求めた動歪波形

4. あとがき

擬似ランダム符号相関方式をベースとした DT3R による FBG 動歪センシングを試み良好な結果を得た。今後 FBG を対象としたロバストで使い勝手よく安価な方式として製品化を急ぐ。

謝辞

DT3R 着想のきっかけを頂いた日本電気硝子の竹内宏和氏をはじめ日頃助言頂く DSP 技研塚本信夫氏に深謝します。

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ーザ散乱の検出” 2006.3 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