

# 相関ピーク抽出フィルタ法による BOCDR における歪ダイナミックレンジの拡大

## Widening of Strain Dynamic Range in BOCDR with Peak Extraction Filter Scheme

○ 清水龍<sup>1</sup>, 岸真人<sup>2</sup>, 保立和夫<sup>2,3</sup> (1. 東大工, 2. 元東大工, 3. 豊田工大)

○ R. Shimizu<sup>1</sup>, M. Kishi<sup>2</sup>, and K. Hotate<sup>2,3</sup> (1. Univ. of Tokyo, 2. Formerly U.T., 3. Toyota Tech. Inst.)

E-mail: shimizu@koseki.t.u-tokyo.ac.jp

### 1. はじめに

光ファイバは通信用途の他に、耐腐食性、耐電気・磁気ノイズ性の優れたセンシング材料としても有用である。光ファイバセンシング技術の1つであるブリルアン光相関領域リフレクトメトリ (Brillouin Optical Correlation Domain Reflectometry: BOCDR) は、構造物に光ファイバを埋め込むことで構造物にかかる歪を分布的にいつでも測定することができる。当研究室で提案・実証された技術である [1]。本研究では、BOCDR の歪ダイナミックレンジ (DR) の拡大手法として用いられている位相変調 (PM) 法について、位相変調器を使わず、「相関ピーク抽出フィルタ」を用いた計算によって同等の効果を實現する手法を新たに提案し、その効果を実証した。

### 2. 相関ピーク抽出フィルタを導入した BOCDR システム

光ファイバにレーザー光 (ポンプ光) を入射すると、自然ブリルアン散乱により周波数のダウンシフトした反射光 (ストークス光) が生じる。この反射光の周波数シフトをブリルアン周波数シフト (BFS) といい、取得されるスペクトルをブリルアンゲインスペクトラム (BGS) という。BFS は光ファイバにかかる歪や温度によってシフト量が変化するため、BFS を測定することで歪や温度変化を検出することができる。BOCDR では、光源を周波数変調して、散乱光と、光源と同じ参照光との干渉をとることにより、被測定光ファイバ (FUT) 中の任意の位置に相関ピークを生じさせ、その位置からの反射光の BFS を位置選択的に測定して歪の分布計測を行う [1]。

BOCDR においては、相関ピーク位置以外の場所に生じるサイドローブが原因となる背景光雑音の影響で、歪 DR が制限される。この影響を抑制し、歪 DR を拡大するための手法の1つとして、PM 法が提案・実証されている [2][3]。BOCDR においては、参照光にのみ位相変調を施すことで、BGS におけるピーク部分のスペクトルのみばらけさせることができ、これにより擬似的な背景光雑音スペクトラムが得られる。通常の測定結果からこの擬似的な背景光雑音を差し引くことで、背景光雑音やその他ノイズの影響を減らすのが、この PM 法である [3]。

しかしこの従来の手法では、位相変調が On と Off の2つのデータを取得する必要があるため、測定時間の増大や、測定データ間に時間的差異が生じるといった問題があった。そこで本研究では新たに、相関ピーク位置に対応したスペクトルのみを抽出するフィルタ (相関ピーク抽出フィルタ) を用いた計算処理によって PM 法と同等の背景光雑音除去効果を実現できる手法を提案する。従来の PM 法は [2]、FUT 上の各地点からの BGS と、位相変調成分のスペクトラムとの物理的な畳み込みによって實現していることに着目し、提案手法では、PM なしで取得された BGS に対して後から、PM 法適用時に相等する「相関ピーク抽出フィルタ」をかける (畳み込み) 計算処理によって、歪 DR を拡大する。提案手法では、上述した従来手法の問題点の解消が可能である。さらに、取得データに対して後から適切なパラメータを検討・選択することも可能であること、位相変調器が不要なため装置の単純化・低コスト化、パラメータ設定の明瞭性の向上といったメリットも考えられる。

### 3. 実験による歪 DR 拡大効果の実証

提案手法の効果を検証するため、Fig.1 の BOCDR システムを構築し、従来の PM 法と提案手法の効果の比較を行った。100m のシングルモードファイバ (SMF) 中に 50cm の歪部として分散シフトファイバ (DSF) を設置した。DSF はおよそ  $7,000\mu\epsilon$  の歪印加時の状況に相当する光ファイバであり、仮想的な歪として用いている。

Fig.2 は、歪部を測定したときの BGS において、従来の PM 法と、提案手法による効果を比較したものである。Fig.2(b) と (d)、および (c) と (e) のように、提案手法において適切な変調周波数および変調振幅といったパラメータを設定することによって、従来手法で得られていたものと同様の効果が得られていることがわかる。これにより、提案手法では、位相変調器を用いず、かつ一回のデータ取得のみで、従来手法と同様の歪 DR 拡大効果を実現できることが確認された。

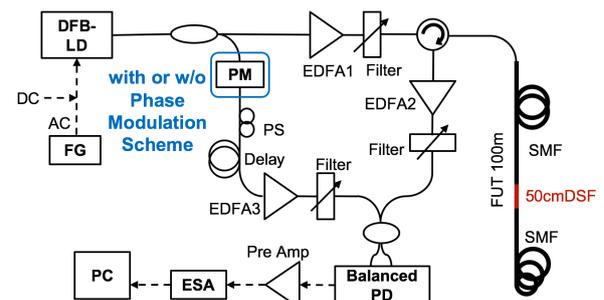


Fig.1 : Experimental Setup.

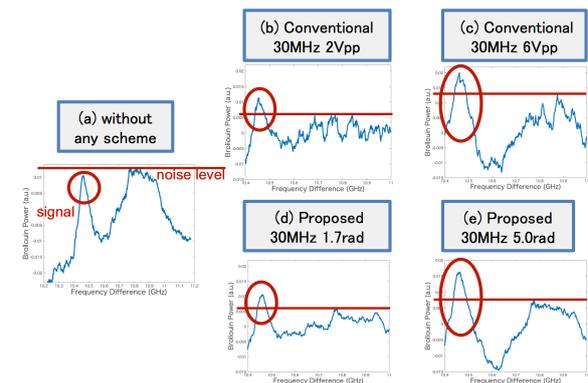


Fig.2 : BGS of strained section obtained in experiments (a) without any scheme, (b), (c) with conventional PM scheme, and (d), (e) with proposed scheme.

### 参考文献

- [1] Y. Mizuno, W. Zou, Z. He, and K. Hotate, *Opt. Exp.* 16(16) 12148-12153 (2008).
- [2] J. H. Jeong, K. Lee, K. Y. Song, J. M. Jeong, and S. B. Lee, *Opt. Exp.* 20(24) 27094-27101 (2012).
- [3] O. Matsuoka, M. Kishi, and K. Hotate, *Proc. of SPIE* 91575G (2014).