

# BOCDR 法の背景光雑音低減に用いるフィルタ形状の最適化 Optimization of filter shape to reduce optical background noise in BOCDR

豊田工大<sup>1</sup>, 東大工<sup>2</sup>, 工学院大<sup>3</sup> °(B)宇山 康太<sup>1</sup>, (M2)清水 龍<sup>2</sup>, 岸 真人<sup>3</sup>, 保立 和夫<sup>1</sup>  
Toyota Tech. Inst.<sup>1</sup>, The Univ. of Tokyo<sup>2</sup>, Kogakuin Univ.<sup>3</sup>,  
°Kota Uyama<sup>1</sup>, Ryu Shimizu<sup>2</sup>, Masato Kishi<sup>3</sup>, and Kazuo Hotate<sup>1</sup>  
E-mail: sd17303@toyota-ti.ac.jp

## 1. 研究背景

持続可能な安全社会の実現に向けて、大型構造物の健全性を診断する技術は大きな注目を浴びており、当研究室で提案、実証されているブリルアン光相関領域リフレクトメトリ (BOCDR) もその一つである[1]。本手法は、光ファイバに沿って任意に位置選択した複数点での動的・多点歪測定も可能にするユニークな分布型センシング手法である[1]。さらに、空間分解能向上を実現できる位相変調法 (PM 法)[2]について、計算処理のみで同等の効果を得られることが提案、実証された[3,4]。本発表では、この計算処理をフィルタリング処理と捉え、フィルタの設計法について検討し、シミュレーションにより効果を確認した。

## 2. フィルタの設計概念

BOCDR 法による測定では、測定位置以外でのブリルアン散乱光が背景光雑音を形成し[1]、空間分解能を劣化させる[2]。そこで、参照光に位相変調を加えて信号成分を大きく低減した出力を疑似的な背景光雑音とみなし、位相変調を施さない場合の出力 (基本出力) から減算することで、背景光雑音を低減して空間分解能の向上を実現する[2]。この処理については数式表現に成功しており、以下のように表される[3]。

$$BGS_{DIFF}(f) = BGS(f) - BGS_{PM}(f) = BGS(f) \otimes g_{shaping}(f) \quad (1)$$

ここで、 $BGS(f)$ 、 $BGS_{PM}(f)$  及び  $g_{shaping}(f)$  はそれぞれ、基本出力、位相変調を施した場合の出力及び整形用フィルタを表す[3]。本式より、PM 法の雑音低減機能は基本出力に整形用フィルタを畳み込む計算処理のみで得られることが分かる。整形用フィルタは位相変調波形に依存し、変調周波数 30MHz、変調度  $\pi/2$  rad の正弦波を用いた変調の場合には、図 1 青線のフィルタの畳み込みと等価である。

フィルタを時間波形と考えた場合の周波数特性を考える。基本出力により得られる信号成分は 30MHz 程度の線幅を持つローレンツ形状であり、この信号を多く通過させ、背景光雑音を阻止するようなフィルタが望ましい。そこで、図 1 赤線のようなフィルタを提案する。このフィルタの周波数特性は、従来のフィルタに比べ背景光雑音に相当する帯域を阻止しているため、より効果的なフィルタである。そこで、これらフィルタの空間分解能向上効果をシミュレーションにより比較する。

## 3. シミュレーションによる空間分解能向上の確認

歪量を  $6000\mu\epsilon$  とし、基本 BOCDR 系の理論空間分解能に対する歪長の比 (正規化歪長) を  $1/2$ 、 $1/4$  及び  $1/8$  倍と変化させた場合について、シミュレーションによるブリルアン周波数シフト (BFS) の分布測定結果を図 2 に示す。BFS=300 [MHz] が歪量  $6000\mu\epsilon$  に相当する。従来のフィルタを用いた場合には、正規化歪長  $1/2$  倍までしか正しく検出できていない。一方で、提案したフィルタを用いた場合には、正規化歪長  $1/8$  倍まで正しく検出できている。従って、提案フィルタの方が、従来フィルタよりも空間分解能向上効果が高いことが確認できた。

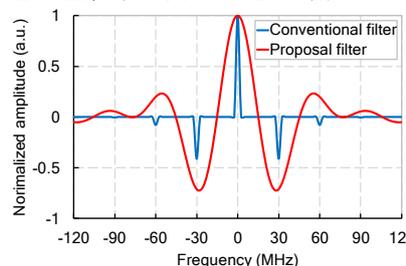


Fig.1 Shape of conventional filter and proposed filter.

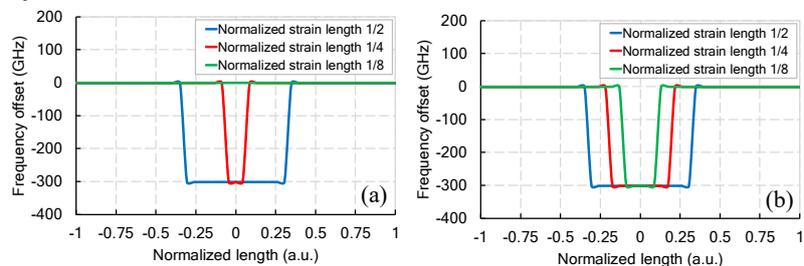


Fig.2 Distribution BFS obtained by simulation with (a)conventional filter and (b)proposed filter.

## 参考文献

- [1] K. Hotate, Optical Fiber Technology 19, 700-719(2013).
- [2] J. H. Jeong, K. Lee, K. Y. Song, J. M. Jeong, and S. B. Lee, Opt. Express 20, 27094-27101(2012).
- [3] R. Shimizu, M. Kishi, and K. Hotate, OFS-26, Lausanne (Switzerland), WF15, Sept., 2018.
- [4] 宇山康太, 清水龍, 岸真人, 保立和夫, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会, 19p-212A-9, 名古屋, 2018.