

ブリルアン光相関領域リフレクトメトリにおける性能向上手法の融合による測定機能の拡大

Enlargement of Measurement Function in Brillouin Optical Correlation Domain Reflectometry with Combining Improvement Schemes

○(B) 清水龍, 岸真人, 保立和夫 (東京大工)

○Ryu Shimizu, Masato Kishi, and Kazuo Hotate (Univ. of Tokyo)

E-mail: shimizuryu@sagnac.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。当保立研究室で提案・実証された技術である [1]。本研究では、**BOCDR** において、既に実証された4つの性能向上手法を全て融合したシステムを稼働させ、5km超の長距離の測定レンジで高分解能・高歪ダイナミックレンジの分布計測を実現した。

2. BOCDR の4つの性能向上手法

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) という。BFSはファイバにかかる歪や温度によってシフト量が変わるため、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光源と散乱光の干渉をとることにより、被測定ファイバ (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。

これまでに **BOCDR** の性能向上手法として、背景光雑音抑制手法であるアポダイズ法 (強度変調法) [2] と位相変調法 [3]、および測定レンジ延伸手法であるテンポラルゲート法 [4] [5] と二重周波数変調法 [5] が提案され、効果が実証された。また、性能向上手法のうち二重周波数変調法と位相変調法、テンポラルゲート法とアポダイズ法など複数の手法を組み合わせることにより測定性能が向上することが報告されている [3][6]。ファイバの両端からレーザー光を入射して起こした誘導ブリルアン散乱を利用するブリルアン光相関領域解析法 (**BOCDA**) においては、テンポラルゲート法、二重周波数変調法、位相変調法の3手法を併用することにより、測定レンジ10km超、分解能1cm以下での分布計測に成功したという報告がある [7]。本研究では、上記の4手法を全て統合した **BOCDR** の実験系を構築した。

3. 性能向上手法を統合した BOCDR による長距離 FUT 中の歪の分布計測

4手法を統合した **BOCDR** の測定性能を検証するため、分布計測による FUT 中に設置した歪部の検出実験を行った。5.250mのシングルモードファイバ (SMF) 中に、50cmと21cmの歪部を設置した。歪部には、分散シフトファイバ (DSF) を用いた。DSFのBFSはSMFと約300MHz異なり、およそ6,000 μe の歪印加時の変化幅に相当する。実験系はFig.1に示すとおりである。

理論空間分解能を10.1cmとして行った計測では、二重周波数変調法により測定レンジを11倍に、テンポラルゲート法によりさらに約17倍に伸延した。背景光雑音抑制手法としてアポダイズ法および位相変調法を用いた。分

布計測の結果はFig.2(a)である。5.2km遠方の21cmの歪部を18cm~24cmとして検出することができた。4手法を統合した **BOCDR** としては初めての分布計測であり、**BOCDR** において3km以上のFUTで1m以下の歪部の検出に成功したのは初めてである。

同様に、理論空間分解能3.94cmの条件で50cmの歪部の検出を行った。二重周波数変調法により測定レンジを16倍に、テンポラルゲート法によりさらに約30倍に伸延した。分布計測の結果はFig.2(b)であり、5.2km遠方の50cmの歪部を48cm~54cmとして検出することができた。測定レンジを空間分解能で割った性能指数はおよそ133,000となり、**BOCDR** における最良の結果である。

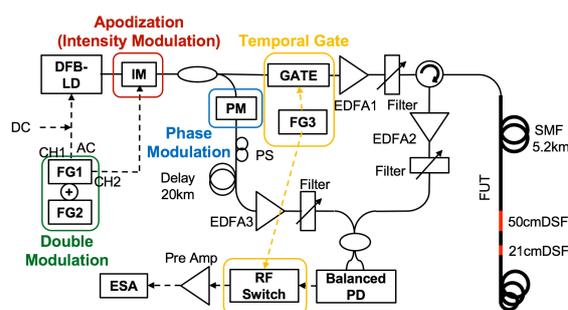


Fig.1 : Experimental Setup.

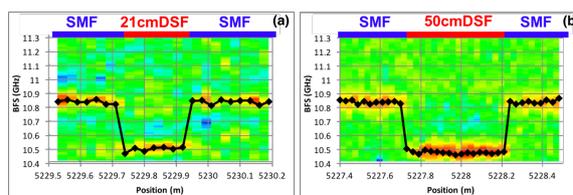


Fig.2 : BFS map obtained with experiment.

- (a) 21cm DSF, resolution : 10.1cm,
(b) 50cm DSF, resolution : 3.9cm.

参考文献

- [1] Y. Mizuno, W. Zou, Z. He, and K. Hotate, *Opt. Exp.* Vol.16 No.16, 12148-12153 (2008).
- [2] S. Manotham, M. Kishi, Z. He, and K. Hotate, *CLEO2012, paper CM4B.3*
- [3] O. Matsuoka, M. Kishi, and K. Hotate, *Proc. of SPIE* Vol. 9157 91575G (2014).
- [4] Y. Mizuno, Z. He, and K. Hotate, *Opt. Exp.* vol.17 no.11, 9040-9046 (2009).
- [5] Y. Mizuno, Z. He, and K. Hotate, *Opt. Exp.* vol.18 no.6, 5926-5933 (2010).
- [6] 松岡大, 岸真人, 保立和夫, 電子情報通信学会 2013 年総大会, C-3-64.
- [7] Y. H. Kim, K. Lee, and K. Y. Song, *Opt. Exp.* Vol.23 No.26, 33241 (2015).