

多点化したファイバブラッググレーティングの反射波長の測定

Measurement of Reflected Wavelength of multi-point Fiber Bragg Gratings

○金井智英¹, 新井雅人¹, 肥後尚志², 篠田之孝²

*Tomohide Kanai¹, Masato Arai¹, Takashi Higo², Yukitaka Shinoda²

Abstract: We are planning construction of structural health monitoring system using fiber Bragg gratings (FBGs) that have the same reflection characteristics and FBGs that have different reflection wavelength to measure the static strain. This paper shows the measurement of reflected wavelength of multi-point FBGs using five common-path Interferometers.

1. はじめに

筆者らはビルや橋梁などの人工構造物や危険区域等の健全度を把握するため、ファイバブラッググレーティング(FBG)を用いた構造ヘルスマニタリングシステム^[1]の構築を企図している。FBGは光ファイバのコアに周期的な屈折率変化を書き込み、特定の波長(ブラッグ波長)のみを反射する特性を有する。FBGは長さ方向にひずみが印加したとき、反射波長が長波長側に変化する特性があり、FBGの反射波長を測定することでひずみセンサとして用いることができる。本文は構築した反射波長の測定システムにより、等距離に設置した5つの異なるブラッグ波長のFBGの反射波長の測定を行った報告である^[2]。

2. 実験装置

図1は実験装置の構成であり、波長掃引レーザーTL、参照用干渉計、測定用干渉計から構成されている。参照用干渉計は2つのFRM(Faraday Rotator Mirror)からのファイバ長差(以下、距離と記す) ΔL_r の不等光路型マイケルソン干渉計である。測定用干渉計の干渉計I~Vは多点化した低反射率のFBGと光ファイバの端面反射から構成された同一光路型の干渉計である。

干渉計I~Vには各々ブラッグ波長が λ_{Bk} ($k=1\sim5$)のFBGを3個設置した。FBGのブラッグ波長 λ_{Bk} は1540nm~1560nmまでの5nm間隔にしてある。各光ファイバの端面から FBG_{ki} ($k=1\sim5, i=1,2,3$)までの距離 ΔL_i ($i=1,2,3$)は等しくした。各干渉計のFBGにはひずみを印加するために各々ステージ1~5を取り付け、ステージを移動させることによりひずみの印加を行った。同一光路型干渉計の反射光はサーキュレータを介して検出器 D_k ($k=1\sim5$)に入射する。検出器の出力は加算回路(ADD)を用いて電氣的に加算され、干渉信号 $g(t)$ としてAD変換器を介し、PCに取り込まれる。

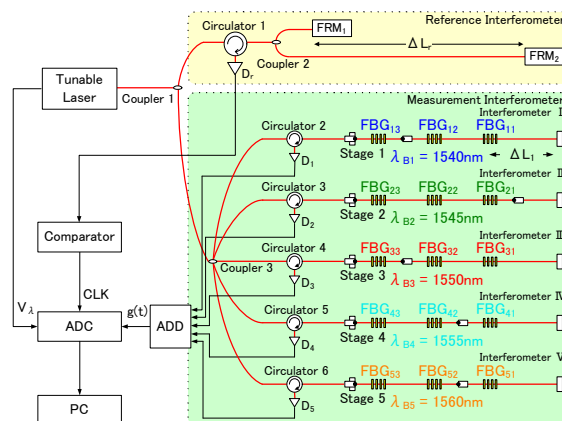


Figure 1. Experimental setup

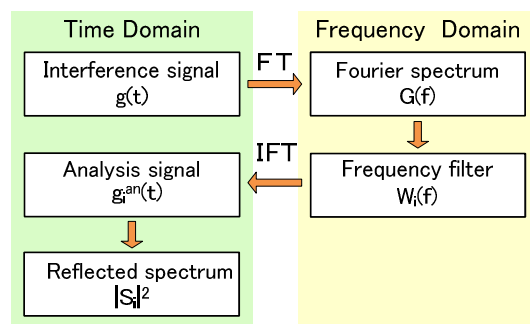


Figure 2. Flow of computation

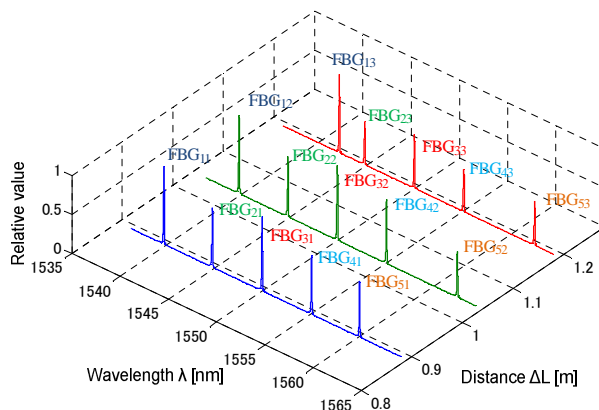


Figure 3. Results of reflected spectrum

実験はTLの波長掃引時間を1s, 繰返し周期を2sとし, TLの波長 λ を1535~1565nmの範囲で直線状に掃引して行った。

図2は干渉信号の処理の流れである。取得した干渉信号 $g(t)$ はフーリエ変換により, フーリエスペクトル $G(f)$ を得る。フーリエスペクトルに周波数フィルタ $W_i(f)$ ($i=1,2,3$)を乗算した後, フーリエ逆変換し, 時間領域の解析信号 $g_i^{am}(t)$ ($i=1,2,3$)を算出する。距離 ΔL_i に設置したブラッグ波長の異なるFBG k_i の反射スペクトル $|S_i|^2$ ($i=1,2,3$)は解析信号 $g_i^{am}(t)$ から算出する。各FBGの反射波長 λ_m は反射スペクトルから波長モニタ出力 V_{λ} を用いて換算する。

3. 実験結果

図3はFBGの反射スペクトルの測定結果である。多点化した同一反射波長のFBGの反射スペクトルが距離毎に分離して得られている。また等距離に設置した各ブラッグ波長のFBGの反射スペクトルが同時に測定できている。またFBG $_{13}$ とFBG $_{52}, FBG_{53}$ にはステージの移動量 $\Delta X=2000[\mu m]$ のひずみを印加しているため, 反射スペクトルは長波長側にシフトしており, ひずみの測定が行えている。

図4は構築したFBGの反射スペクトル及び反射波長の測定システムのモニタ画面である。図中の左上には波長モニタ出力を表示している。右最上段は取得した干渉信号である。右二段目は干渉信号のフーリエスペクトルである。右三段目は各距離毎のFBG反射スペクトルであり, 右最下段は測定したFBGの反射波長を時系列で表示している。本システムはTLの繰返し周期である2s毎に測定を行い, 表示することができる。

図5は各干渉計におけるFBGの反射波長の測定結果である。図5の最下段から最上段は各々干渉計I~Vに設置したFBGの反射波長である。実験は干渉計I, Vのステージ1, 5を20s毎に200 μm 移動させ, ひずみを増加および減少させて行った。ひずみを加えたFBG $_{13}$ とFBG $_{52}, FBG_{53}$ の反射波長は20s毎に約0.24nmシフトしている。ひずみを印加していないFBGの反射波長はほぼ一定の値になっている。多点化した全てのFBGの反射波長が2s毎に測定できていることがわかる。

4. まとめ

本システムはブラッグ波長の異なるFBGを等距離設置した5つの同一光路型干渉計のFBGの反射波長を同時に2s毎に測定できることを示した。

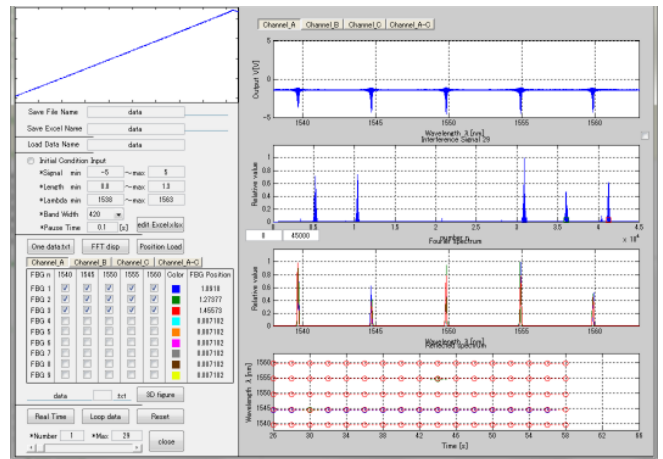


Figure 4. Screenshot of monitoring system

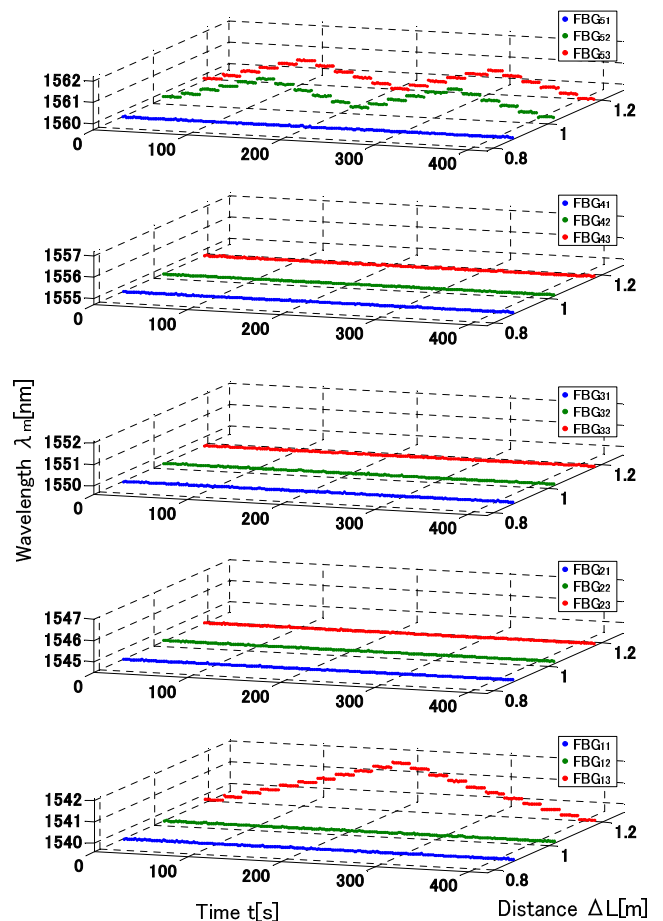


Figure 5. Results of wavelength measurement

参考文献

[1] J.M.Lopez-Higuera ed., Handbook of Optical Fiber Sensing Technology, Wiley(2002)
 [2] 金井, 新井, 山田, 肥後, 篠田:平成 25 年電気学会基礎・材料・共通部門大会, p476(2013)