

L-4

波長掃引光源を用いたファイバブラッググレーティングによるひずみの実時間測定の実験

Real-time Strain Measurement by Fiber Bragg Gratings using Swept Wavelength Light Source

○山口 達也<sup>1</sup>, 篠田 之孝<sup>2</sup>

\*Tatsuya Yamaguchi<sup>1</sup>, Yukitaka Shinoda<sup>2</sup>

Abstract: We are planning construction of structural health monitoring system using fiber Bragg gratings (FBGs). We constructed real-time measurement system with triangular approximation by using swept wavelength light source. This paper shows the results that measured the reflected wavelengths of two FBGs every 5ms in real-time.

1. はじめに

本研究の目的は橋梁やビル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の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の構築である<sup>[1]~[4]</sup>。筆者らは発振波長を掃引できる波長掃引光源を試作し、ひずみの実時間測定システムを構築した<sup>[5]</sup>。本文は波長分解能を改善させるため三角近似による補間を行い、複数の FBG の反射波長を 5ms 毎に実時間測定した報告である。

2. 実験装置

図 1 は試作した波長掃引光源(TL)の構成である。TL は半導体光増幅器(SOA), 波長可変光フィルタ(OTF), 2 個の光アイソレータによって構成した。SOA からの光は光アイソレータ 1, OTF, 光アイソレータ 2 を介して再び SOA に戻る。OTF に入射した光は発振器(OSC)の電圧で制御された波長のみが透過する。OTF を出射した光は光カップラで一部の光を取り出し、TL の出力光としている。TL は OSC で OTF の透過波長を制御することにより、発振波長の掃引を行っている。

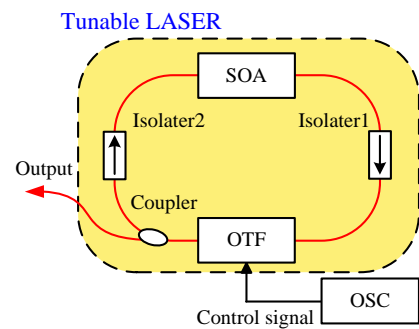


Figure1. Construction of tunable LASER

図 2 は実験装置の構成である。実験装置は TL, 2 個のひずみ測定用の FBG, 検出器からなる光学系と測定系により構成されている。TL からの光はサーキュレータを介し、ひずみ測定用の FBG1( $\lambda_{B1}=1550\text{nm}$ ), FBG2( $\lambda_{B2}=1555\text{nm}$ )で反射される。反射された光は再びサーキュレータを介して、検出器に入射する。ひずみの印加は FBG を含む光ファイバの両端 1m を各々ステージに固定し、各ステージを長さ( $\Delta X$ )方向に移動させることで行った。測定系は OTF の制御信号をトリガ信号とし、検出器の信号を AD ボード(サンプリング周波数  $f_s=400\text{kHz}$ )を介し、コンピュータ(PC)に取り込む。測定システムは LabVIEW(National Instruments)を用いて構築した。

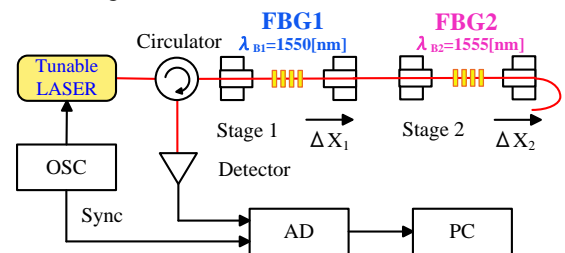


Figure2. Experimental setup

実験は TL の制御信号に三角波波形, 掃引周波数  $f_m$  を  $200\text{Hz}$  とし, 時間間隔  $\Delta t (=1/f_m)$  が  $5\text{ms}$  で FBG の反射波長を実時間で測定した。

図 3 は構築した測定システムの画面である。画面の左側は測定波長の表示パネルとデータの集録設定等を

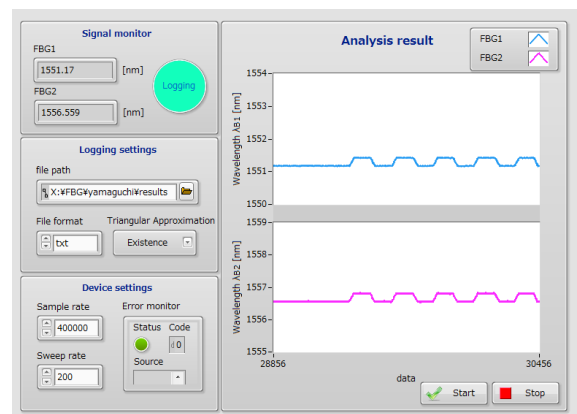


Figure3. Screenshot of system

行うコントロールパネルである。画面の右側は 5ms 毎に実時間で FBG の反射波長をモニタリングしている様子である。

### 3. 結果

図 4 は FBG に静的ひずみを印加したときの反射波長の測定結果である。ひずみは各々のステージを  $100\mu\text{m}$  毎に  $2000\mu\text{m}$  移動させて行った。ひずみの印加に対して FBG1, 2 の反射波長は長波長側に直線状にシフトしており、それぞれの傾きは最小二乗法より  $1.16 \times 10^3 \text{nm}/\mu\text{m}$ ,  $1.28 \times 10^3 \text{nm}/\mu\text{m}$  となった。

図 5 は FBG2 に動的ひずみを印加したときの反射波長の測定結果である。FBG2 へのひずみの印加は 2s 毎にステージ 2 を  $300\mu\text{m}$  移動させて行った。図 5(a), (b) はそれぞれ三角近似による補間の前後の結果である。三角近似による補間を行うことで、波長分解能が改善していることがわかる。

図 6 は FBG にひずみを印加したときの反射波長の測定結果である。FBG1, FBG2 のひずみの印加は 0.2s 毎に各々ステージ 1, 2 を  $30\mu\text{m}$  移動させて行った。図 6(a), (b) は各々 FBG1, FBG2 の結果であり、ひずみによる反射波長が 5ms 毎に実時間で測定できていることがわかる。

### 4. まとめ

- (1) 本システムは試作した波長掃引光源の掃引周波数を 200Hz としたとき、5ms 毎に複数の FBG の反射波長を測定できることを示した。
- (2) 三角近似による補間を行い、反射波長の波長分解能を改善できることを示した。
- (3) 今後、波長掃引光源の掃引周波数を高くすることにより、測定の時間分解能を向上させた実時間システムを構築していく予定である。

### 参考文献

[1] J.M.Lopez-Higuera ed., Handbook of Optical Fiber Sensing Technology, Wiley(2002).  
 [2] Andreas Othonos, Kyriacos Kalli, Fiber Bragg Grating, Artech House(1999).  
 [3] A.D.Kersey et al., "Fiber Grating Sensors", J.Lightwave Technol., Vol. 15, pp. 1442-1463(1997).  
 [4] 齊藤：電気学会計測研究会, IM-12-041(2012).  
 [5] 山口, 横溝, 篠田：平成 25 年電気学会電子・情報・システム部門大会, PS5-13, pp.1903-1904(2013).

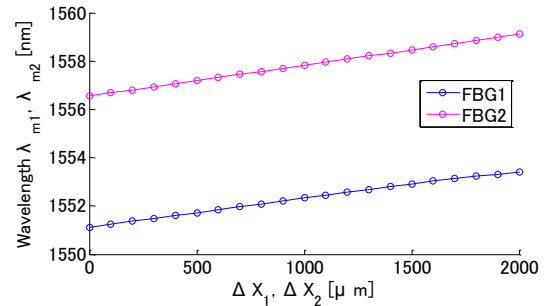
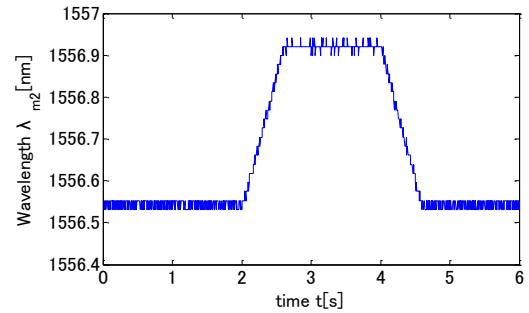
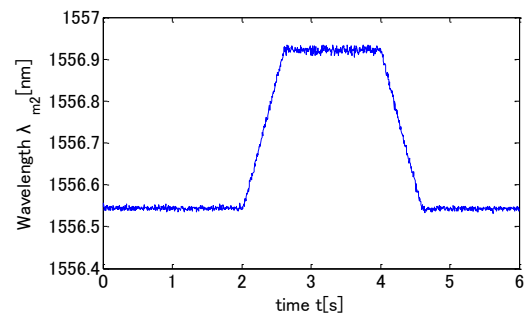


Figure4. Results of static strain

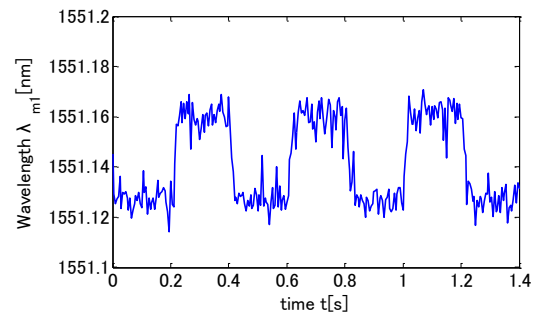


(a) Original

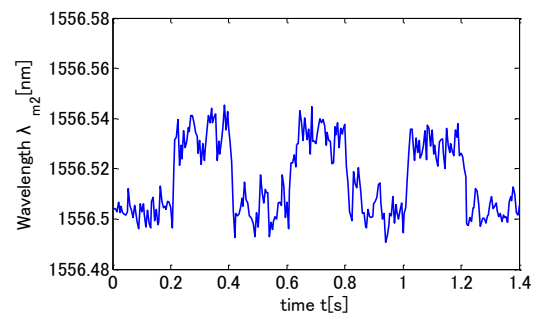


(b) Approximation

Figure5. Results of dynamic strain



(a) FBG1



(b) FBG2

Figure6. Results of real-time measurement