L-41

データベースを用いたファイバブラッググレーティングの反射波長の実時間測定システムの検討

Real-time Measurement System of Reflection Wavelengths of Fiber Bragg Gratings using Database

○山口達也[1]，　篠田之孝[2]
*Tatsuya Yamaguchi[1], Yukitaka Shinoda[2]

Abstract: The purpose of this study is to develop of a wide-band vibration measurement system using fiber Bragg gratings (FBGs) to determine the health of structures. We developed a real-time FBG reflection wavelength measurement system with wavelength swept laser. We have demonstrated that this system is able to measure reflection wavelengths from a multipoint FBG at a temporal resolution of 50 μs, it was shown that this system could also detect instantaneously applied strain and vibration.

１．はじめに

本研究の目的は構造物の健全性の把握を企図し，光ファイバ型センサのファイバブラッググレーティング(FBG)を用いた広帯域の振動測定システムの構築である[1],[2]．筆者らは光ファイバを用いたリング共振器型の高速波長掃引光源を構築し，FBG の反射波長の実時間測定システムを開発した[3]．本文は複数の FBG の反射波長を 50 μs 毎に実時間測定を行い，長時間の測定データの管理にデータベースを用いることにより，ひずみや振動が発生した区間の検出が容易に行えることを示した．

２．実験装置

図１は FBG の反射波長の実時間測定システムの構成であり，光学系と測定系からなる．光学系は波長掃引光源 SL，３つのひずみ測定用 FBG，光サーキュレータ及び検出器により構成している．SL から出射した光は光ファイバを伝搬して，光サーキュレータを介し，FBG に入射する．各 FBG のブラッグ波長 λ_{B1}，λ_{B2}，λ_{B3} は 1545 nm，1550 nm，1555 nm であり，各々の FBG で反射された光は光サーキュレータを介し，検出器に入射する．測定系は検出器からの信号を SL の制御信号に同期したトリガ信号とサンプリングクロック信号を用いてデータ集録装置 DAQ に入力し，PC に取り込む．PC は取得した信号を信号処理した後に LAN を介してデータベースに転送する．

実験は SL の掃引周波数 f_m を 20 kHz，DAQ のサンプリング周波数 f_s を 40 MHz とし，掃引周期 $T_m(1/f_m)$が 50 μs 毎に FBG の反射波長を実時間測定した．

図２は SL を用いた FBG の反射波長測定の概要であり，図２(a)は SL の波長掃引の波形，図２(b)は FBG の検出信号である．FBG の反射波長は SL の短波長から長波長の掃引（順掃引）と長波長から短波長の掃引（逆掃引）を用いて，各 FBG の反射信号から取得することができる．

図３はデータベースを用いたデータ管理のフローで

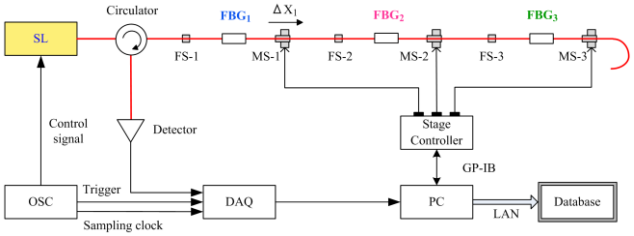
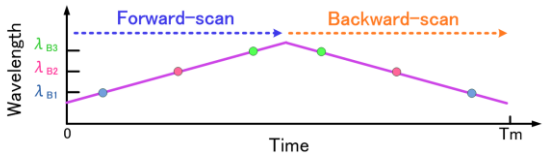
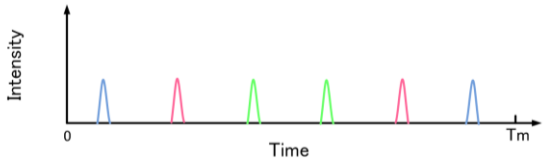


Figure 1. Real-time FBG measurement system



(a) Swept wavelength of SL



(b) Detection signal of FBG

Figure 2. Measurement method of FBG using SL

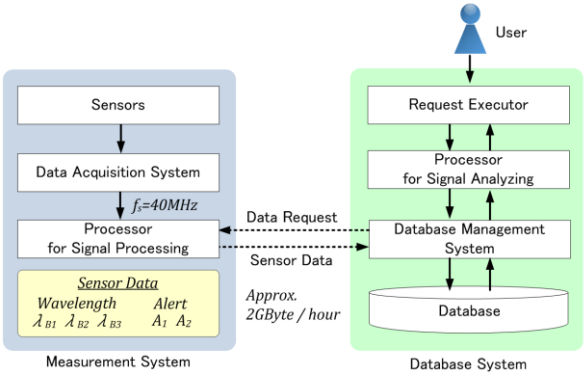


Figure 3. Flow of data management using database

１：日大理工・院（後）・電気　２：日大理工・教員・電気

ある．測定システムは DAQ により取得した検出信号をプロセッサに転送する．プロセッサは各 FBG の反射信号から反射波長の算出並びに 1s 毎に 2 種類のアラート信号の発生を処理する．このとき，データベースマネージメントシステムは反射波長とアラート信号のセンサデータの出力に応じてデータベースに転送することにより，センサデータの実時間管理を行う．

３．実験結果

図 4 はデータベースから反射波長並びにアラート信号を可視化するデータベース可視化システムである．可視化システムはデータベースから取得したアラート信号を時系列に表示し，長時間の測定データからひずみや振動の発生状況を可視化できる．アラート信号 1, 2 が発生した時刻情報を参照することで，その時刻における反射波長を取得でき，ひずみ解析が行える．

実験は 3 時間の反射波長測定を行い，各 FBG にはひずみ並びに振動を印加した．アラート信号 1 は反射波長が設定した閾値を超えたとき，アラート信号 2 は反射波長の標準偏差の値が 5×10^{-3} nm を超えたときに発生させた．図 5 (a), (b)は各々アラート信号 1, 2 の結果である．図 5 (c)は FBG_1 に取り付けた可動ステージ MS-1 の移動量 ΔX_1 により，ひずみを印加させた結果である．移動量 ΔX_1 が 200μm 以上のとき，反射波長が閾値 1545.6nm 以上のため，アラート信号 1 が発生している．図 5 (d), (e)は各々 FBG_2, FBG_3 に共振周波数 440 Hz，1 kHz の音叉を取り付けて，音叉を打音することで振動を印加した結果である．印加した振動により反射波長が大きく振動している時間領域でアラート信号 2 が発生している．

図 6 (a), (b)は各々図 5 (d), (e)の横軸を拡大した結果であり，異なる共振周波数を持つ音叉の振動による正弦波状の周期的な反射波長の変化を 50 μs 毎に実時間測定できていることがわかる．

４．まとめ

本システムは複数の FBG の反射波長を 50 μs 毎に実時間測定でき，データベースを用いて長時間の測定データを管理することにより，ひずみや振動が印加された区間の検出が行えることを示した．

５．参考文献

[1] J.M.Lopez-Higuera *ed.*, *Handbook of Optical Fibre Sensing Technology*, Wiley (2002).

[2] T.Saitoh *et al*, “Ultra-Long-Distance Fiber Bragg Grating Sensor System”, IEEE Photon. Technol. Lett., vol.19, pp.1616-1618 (2007).

[3] T.Yamaguchi, Y.Shinoda, “Development of fast FBG interrogator with wavelength-swept laser”, Proc. SPIE 9506, 95061F-1 (2015).

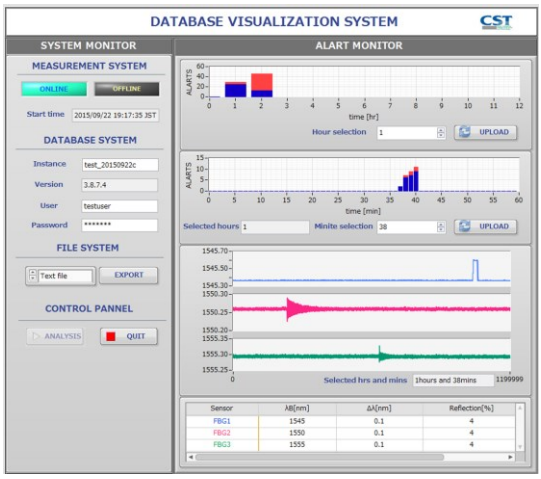


Figure 4. Database visualization system

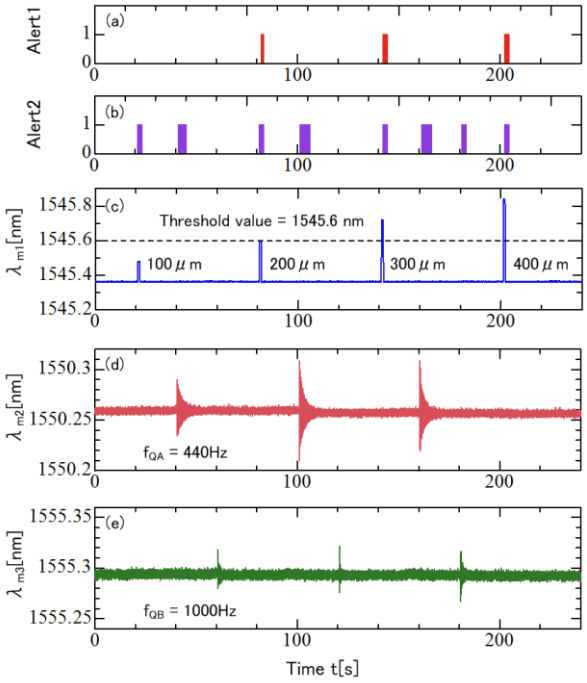
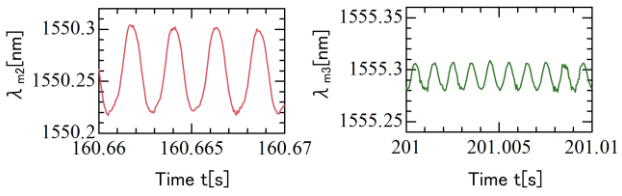


Figure 5. Results of Alert signals and reflection wavelengths of FBGs



(a)　FBG_2　　(b)　FBG_3

Figure 6. Enlarged view of Figure 5 (d) and (e)