

L-1

同一光路型干渉計を用いたファイブラッググレーティングによるひずみの実時間測定の検討

Real-time measurement of Strain by Fiber Bragg Gratings using Common-path Interferometers

○新井隆史<sup>1</sup>, 篠田之孝<sup>2</sup>, 山田真史<sup>1</sup>, 肥後尚志<sup>2</sup>

\*Takashi Arai<sup>1</sup>, Yukitaka Shinoda<sup>2</sup>, Masafumi Yamada<sup>1</sup>, Takashi Higo<sup>2</sup>

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 that our system is able to measure the static strain by FBGs using the multiplexed common-path interferometers with the offset fiber.

1. はじめに

筆者らは橋梁やビルなどの人工構造物の健全度を把握するためのファイ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<sup>[1]</sup>の構築を企図している. 本文は同一光路型干渉計の多重化における多重干渉の問題を検討し, オフセットファイバを導入した多重化を行うとともに, 光周波数掃引を用いた静的ひずみの実時間測定システムを構築した報告である<sup>[2]</sup>.

2. 実験装置

図 1 は実験装置の構成である. 光学系は波長可変レーザ TL, 参照用及び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) のファイバ長の差 (以下, 距離と記す)  $\Delta L_r$  の不等光路型マイケルソン干渉計である. 測定用干渉計は低反射率の FBG とファイバの端面反射からなる同一光路型の干渉計 I, II からなっている. 干渉計 I はブラッグ波長  $\lambda_{B1}=1550\text{nm}$  の  $\text{FBG}_{1i}$  ( $i=1,2,3$ ), 干渉計 II は  $\lambda_{B2}=1555\text{nm}$  の  $\text{FBG}_{2i}$  ( $i=1,2,3$ ) を設置し, 各ファイバの端面から各 FBG までの距離  $\Delta L_i$  ( $i=1,2,3$ ) は等しくした. ここで, 距離  $\Delta L_1$  は  $0.88\text{m}$ , FBG の設置間隔は  $0.15\text{m}$ , 各 FBG の長さは  $10\text{mm}$  である. 干渉計 I の Coupler3 からファイバの端面までのファイバ長は干渉計 II に比べて  $L_0$  だけ長くしてある. この長さ  $L_0$  のファイバがオフセットファイバであり, 多重干渉の影響を防ぐために導入した.  $\text{FBG}_{13}$ ,  $\text{FBG}_{22}$  及び  $\text{FBG}_{23}$  には各々パルス制御ステージ 1, 2 (以下, ステージ 1, 2 と記す) を取り付け, ステージの移動量  $\Delta X$  を制御することにより, ひずみの印加を行った.

実験は TL の波長  $\lambda$  を  $1548\sim 1558\text{nm}$  の範囲を掃引時間  $\Delta T_s=1\text{s}$ (繰り返し周期  $T_c=2\text{s}$ ) で直線状に掃引した.

3. 実験結果

図 2 はオフセットファイバを導入していないとき ( $L_0=0\text{m}$ ) の FBG の反射スペクトルの結果である. 各々の FBG の反射スペクトルが多重干渉の影響により, 乱れていることがわかる.

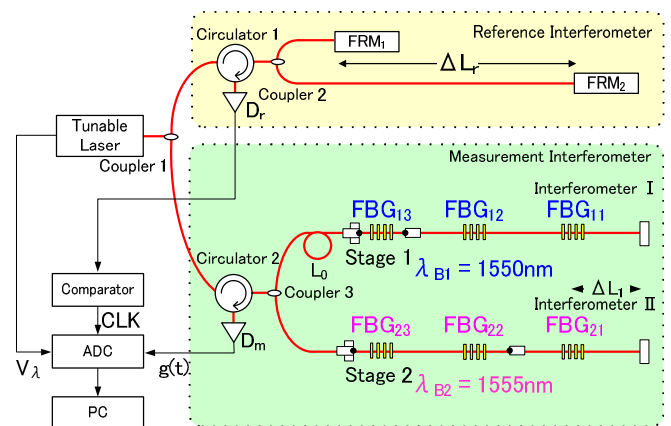


Figure 1. Experimental setup

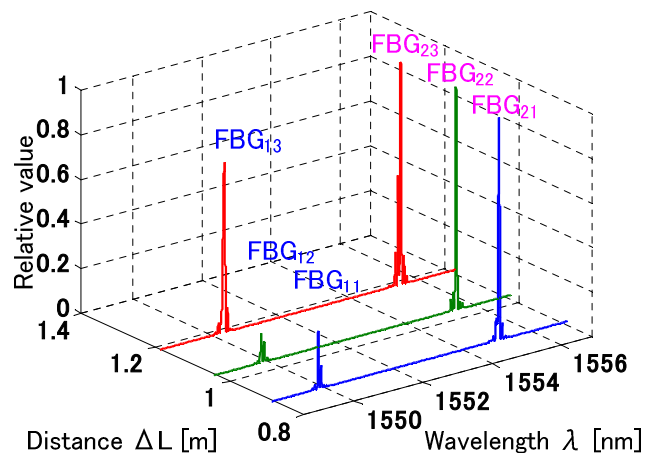


Figure 2. Results of reflected spectrum ( $L_0=0\text{m}$ )

1 : 日大理工・院 (前)・電気 2 : 日大理工・教員・電気

図3はオフセットファイバのファイバ長  $L_0=0.1\text{m}$  としたときのFBGの反射スペクトル結果である。多重干渉の影響を受けずに各々の反射スペクトルを測定できている。多点化した同一ブラグ波長のFBGの反射スペクトルは距離毎に分離を行っている。ブラグ波長  $1550\text{nm}$ ,  $1555\text{nm}$  のFBGの反射スペクトルが同時に得られており、等距離に設置することで異なる反射スペクトルを同時に測定することができる。ここで、 $\text{FBG}_{13}$ ,  $\text{FBG}_{22}$  及び  $\text{FBG}_{23}$  はステージ 1, 2 の移動量  $\Delta X=500\mu\text{m}$  としているため、反射スペクトルが長波長側へシフトしていることがわかる。

次に、オフセットファイバのファイバ長  $L_0=0.1\text{m}$  として反射波長の実時間測定を行った。

図4は干渉計IIの多点化したFBGの反射波長の実時間測定の結果である。 $\text{FBG}_{22}$  及び  $\text{FBG}_{23}$  にはステージ2を2s毎に  $100\mu\text{m}$  移動させ、ひずみの印加を行った。ブラグ波長  $\lambda_{B2}=1555\text{nm}$  の多点化したFBGの反射波長を2s毎に同時に測定できている。

図5は干渉計I, IIのFBGの反射波長を2s毎に60min測定した結果である。ステージ1, 2は2min毎に  $100\mu\text{m}$  移動させ、FBGに周期的なひずみを印加した。図(a)はブラグ波長  $\lambda_{B1}$  が  $1550\text{nm}$  の多点化したFBGの結果である。 $\text{FBG}_{13}$  はステージ1を用いたひずみの印加により、周期的に反射波長が変化している。ひずみを印加していない  $\text{FBG}_{11}$ ,  $\text{FBG}_{12}$  の反射波長はほぼ一定となっている。図(b)はブラグ波長  $\lambda_{B2}$  が  $1555\text{nm}$  のFBGの結果である。 $\text{FBG}_{22}$  及び  $\text{FBG}_{23}$  はステージ2を用いて同量のひずみを印加したため、ほぼ同量の反射波長の変化が測定できている。

#### 4. まとめ

多重化した同一光路型干渉計において、多重干渉の影響を防ぐため、オフセットファイバを導入した静的ひずみの実時間測定システムを構築した。本システムは同一反射波長並びに異なる反射波長のFBGの多点化を行い、FBGの反射波長を2s毎に同時に測定できることを示した。

謝辞：本研究の一部は日本大学理工学部プロジェクト研究（平成22年）の助成を受けた。

#### 参考文献

- [1] J.M.Lopez-Higuera ed. : Handbook of Optical Fibre Sensing Technology, Wiley(2002).
- [2] 新井, 篠田, 宮田, 肥後: 平成23年電気学会 基礎・材料・共通部門大会, No. VII-3(2011)

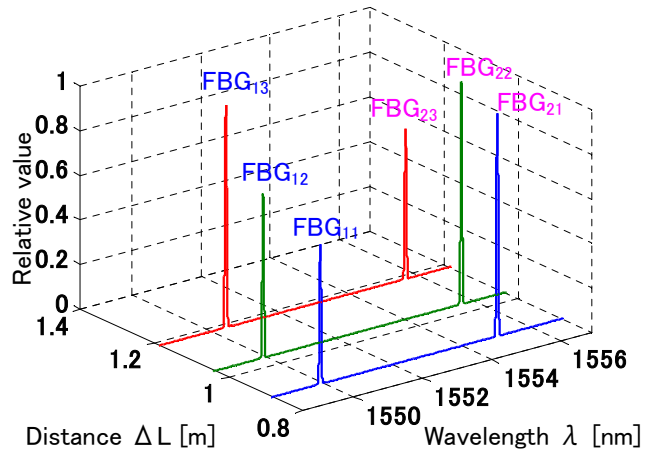


Figure 3. Results of reflected spectrum ( $L_0=0.1\text{m}$ )

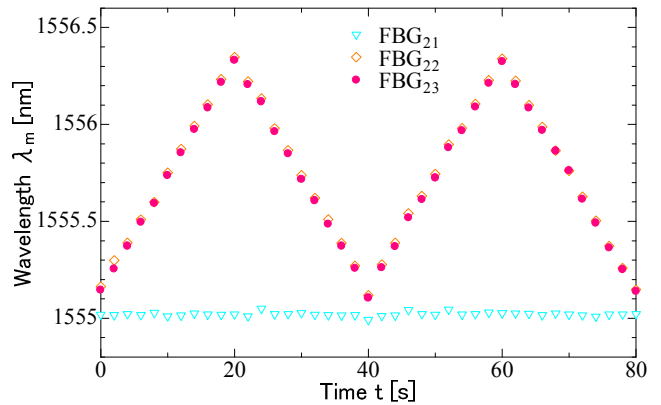
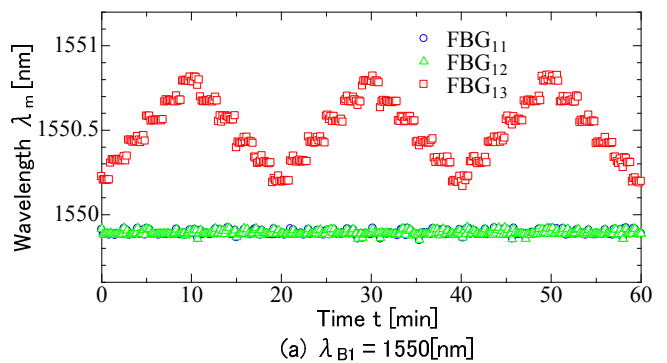
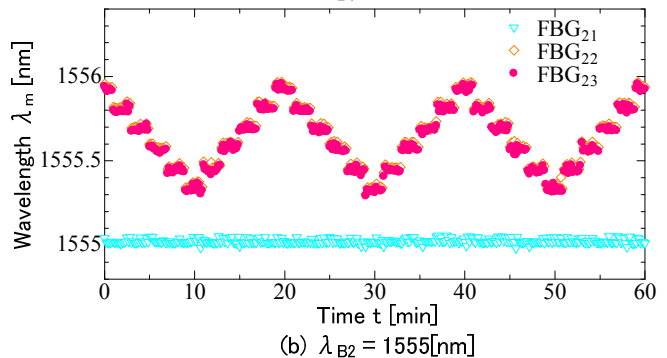


Figure 4. Results of wavelength measurement in real time



(a)  $\lambda_{B1} = 1550\text{nm}$



(b)  $\lambda_{B2} = 1555\text{nm}$

Figure 5. Results of real-time measurement with multiplexed common-path interferometers