L-37

FBG センサを用いた温度測定
～FBG センサによる火災の検知に関する基礎検討～
Temperature Measurement Using FBG Sensor
～Basic Study on the Detection of Fire by FBG Sensor～

○大野博[1]，山口達也[2]，松村太陽[3]，篠田之孝[3]，小野隆[3]
*Hiroshi Ohno[1], Tatsuya Yamaguchi[2], Taiyo Matsumura[3], Yukitaka Shinoda[3], Takashi Ono[3]

Abstract: This study is intended to detect a fire of an early stage using Fiber Bragg Grating (FBG) sensors. In this paper, we examined the temperature coefficient of FBG as a temperature sensor, and performed the temperature measurement of the water bath using FBG sensors.

１．はじめに

ファイバブラッググレーティング(Fiber Bragg Grating, 以下 FBG)センサは電気を用いるセンサに比べ, 電磁波等の外環境の影響を受けにくい，長寿命，引火性がない，埋込みが可能といった特徴がある[1][2][3]．本研究ではFBGセンサを用いた温度測定システムを開発し[4][5]，早期に火災を検知することを目的としている．本文は FBG センサによる温度測定を行い，温度センサとして利用する際の温度係数について検討した．

２．FBG の原理

Figure 1 は広帯域の光を FBG に入射したときの反射光と透過光を示している．FBG はコア部に周期的な屈折率変化が形成された光ファイバデバイスである．屈折率変化はグレーティング(回折格子)として働き, 広帯域な光を FBG に入射すると, 式(1)に示したブラッグ波長 λ_B と呼ばれる特定の波長を反射する[1]．

$$\lambda_B=2n\Lambda \qquad (1)$$

ただし，λ_B は反射波長，n はコアの屈折率，Λ は回折格子の周期である．

FBG の反射光のブラッグ波長を観測することにより, FBG に加えられた歪みと温度を測定することができる．

３．実験装置

Figure 2 は実験装置の構成である．光学系は広帯域光源である ASE(Amplified Spontaneous Emission)光源，温度測定用 FBG, 光サーキュレータ及び FBG センサモニタ(FBG Sensor Monitor，以下 FSM)FB200 により構成される．ASE 光源からの光は光サーキュレータを介し，FBG1，FBG2 及び FBG3 で反射される．反射した光は再び光サーキュレータを介し，FSM に入射する．そして，FSM の波長データはコンピュータ(PC)に転送される．FBG1～3 のブラッグ波長はそれぞれ 1545nm, 1550nm 及び 1555nm であり，反射スペクトルの半値幅

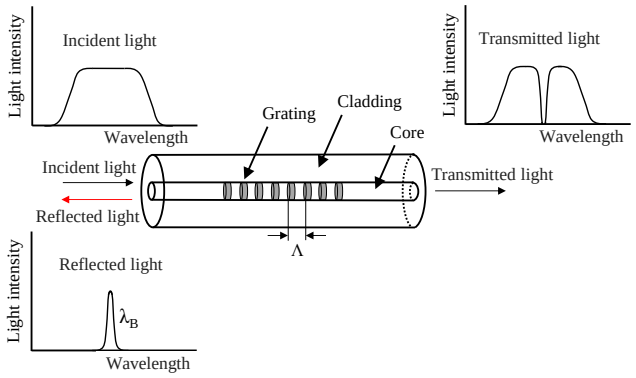


Figure 1. Principle of FBG

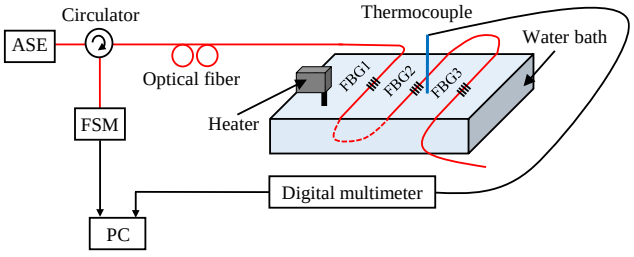


Figure 2. Experimental setup

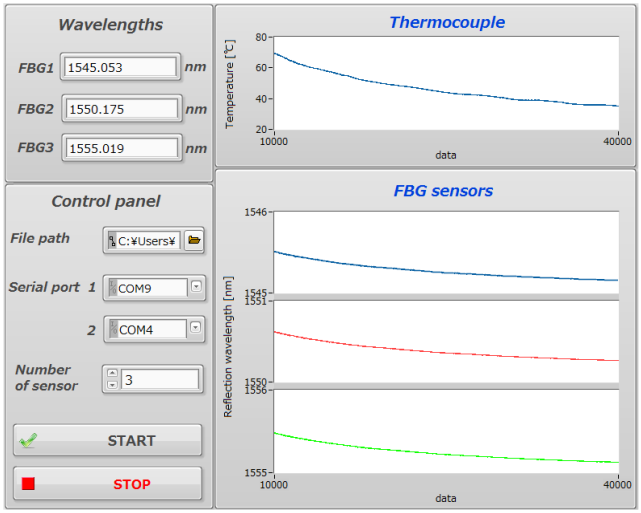


Figure 3. Screenshot of measurement system

１：日大理工・院(前)・電気　２：日大理工・院(後)・電気　３：日大理工・教員・電気

は 0.2nm，反射率は 80%である．

水槽の温度データは熱電対(T-35 型)を用いてデジタルマルチメータを介して取得した．水槽の内寸は W238mm×D358mm×H240mm であり，水は底から 170mm まで入れた．また，FBG と熱電対は水槽の側面から 110mm，底からそれぞれ 115mm，120mm の位置に設置した．

Figure 3 は測定システムの操作画面であり，熱電対の温度と FBG の反射波長の表示が行える．実験は本測定システムを用いて，熱電対の温度と 3 つの FBG の反射波長を 0.5s 毎に測定した．

４． 実験結果

Figure 4(a), (b)は各々熱電対を用いて測定した水槽の温度 Tc に対する FBG1 の反射波長 λ_{m1}，FBG3 の反射波長 λ_{m3} の測定結果である．この結果より水槽内の水の温度と反射波長は比例してることがわかる．また，Table 1 は FBG1～3 の測定値をそれぞれ線形近似した際の温度係数と初期値であり，各 FBG の温度係数は等しいことがわかる．

Figure 5 は FBG3 のみを水槽に入れた際の温度測定の結果である．Figure 5(a)は熱電対を用いて測定した温度 Tc，Figure 5(b)は FBG3 の反射波長 λ_{m3} から Table 1 の温度係数と初期値を用いて算出した温度 T_{m3} の結果である．温度 Tc，T_{m3} の差の平均値は 0.6℃となり，ほぼ等しい温度計測が行えている．

５． おわりに

今回は，FBG センサを温度センサとして利用する際の温度係数について検討した．ブラッグ波長の異なる 3 つの FBG センサはほぼ同一の温度係数を持ち，多点の温度センサとして利用可能であることがわかった．

６． 参考文献

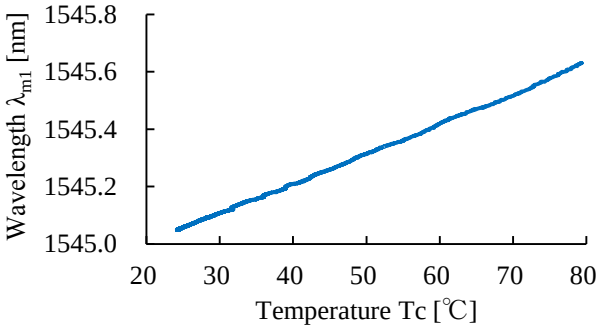
[1] A.D.Kersey et al.: “Fiber Grating Sensors”, J.Lightwave Technol., Vol.15, pp.1442-1463, 1997

[2] 島田：「光ファイバセンサの最近の動向」，日本機械学会誌，Vol.105，No.1007，p63，2002

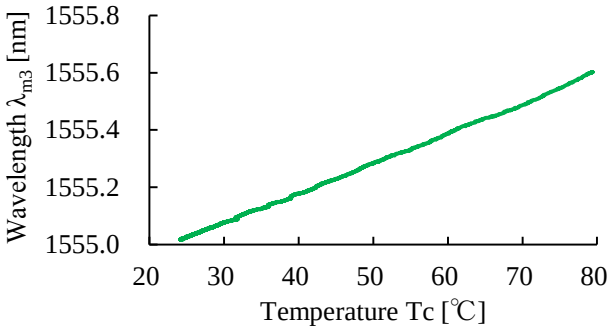
[3] 保立，村山：「光ファイバセンサ入門」，光防災センシング復興協会，p118，2012

[4] T.Yamaguchi, Y.Shinoda: “Development of fast FBG interrogator with wavelength-swept laser”, SPIE, Vol. 9506, 95061F-1, 2015

[5] 新井，山口，篠田：「光周波数領域反射測定法を用いた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」，電気学会，光応用・視覚研究会，LAV-14-16，2014



(a) FBG1

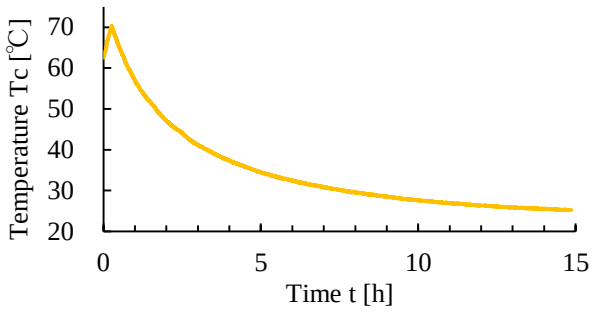


(b) FBG3

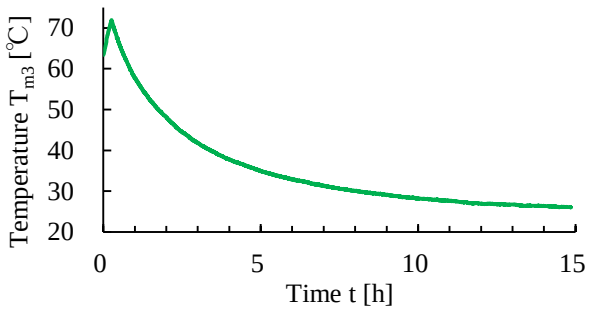
Figure 4. Results of temperature and reflection wavelength

Table 1. Linear approximation of FBG

	Slope [nm/℃]	Initial value [nm]
FBG1	0.0103	1544.800
FBG2	0.0103	1549.908
FBG3	0.0103	1554.768



(a) Measurement result of thermocouple



(b) Calculation result of FBG3

Figure 5. Results of temperature change in the water bath