

反射波長の異なる FBG を用いた熱源の位置推定に関する基礎検討

Basic estimation of the position of heat source using FBG with different reflection wavelength

○松本勇¹, 山口達也², 松村太陽³, 篠田之孝³, 小野隆³

*Yu Matsumoto¹, Tatsuya Yamaguchi², Taiyo Matsumura³, Yukitaka Shinoda³, Takashi Ono³

Abstract: Evacuation guidance at the time of fire is a problem. In this paper, we examined the relationship between distance from heat source to FBG and time to reach threshold of FBG, and a method to estimate position of heat source using this relationship. Result of this, prospect of estimating position of heat source is confirmed.

1. はじめに

平成 28 年の国内の建物火災の死者は 1452 人 (放火自殺者を除く) であり, その 46.7% を占める原因は逃げ遅れである^[1]. このような状況から火災の位置を特定し, 迅速な避難誘導ならびに消火活動を行うことは重要である. 本研究の目的は, 温度や歪みの変化を光波長の変化として検出できる Fiber Bragg Grating (以下 FBG と記す) を使用した光ファイバ型センサを複数箇所に設置することにより火災の位置判別が可能なシステムを構築し^{[2][5]}, 早期の火災を検知し, 消火活動, 避難誘導に役立てることである.

今回は, 室内空間を想定し, 耐熱ボードによって作成した模型内に火災を模擬した熱源を設置し, 熱源-FBG 間の距離と温度上昇の関係を検討した. さらにこの関係を用いて, 任意の点に熱源を設置し発熱させた際に得られる各 FBG の温度情報より, 熱源の位置を推定する方法について検討した.

2. 実験概要

Figure 1 は光学系の構成図で, 反射波長の異なる (1540nm, 1545nm, 1550nm, 1555nm) 温度測定用 FBG (伸興電線社製), 広帯域光源である ASE (Amplified Spontaneous Emission) 光源(Lightwaves2020 Inc 製), 光サーキュレータ(AFC Group Pty Ltd.製), 波長モニタ(WM) (安藤電気製)からなる^[4]. 模型は, 一般的な事務室を想定し縮尺 1/10 (幅 80 cm, 奥行き 80 cm, 高さ 30 cm) として, 防火パネルを張り付けた木材によって作成した. 熱源は火災源を想定し, 縦横 25 mm, 高さ 12 mm, 最高温度が 500°C となるセラミックヒータ(坂口電熱製)を用いた. 熱源の温度は熱電対 (K タイプ) (坂口電熱製)を用いて測定した.

3. 熱源-FBG 間の距離と温度特性

Figure 2 は, 距離の違いによる温度特性を測定するための各配置である. 熱源は幅 20 cm, 奥行き 40 cm となる模型内底面に配置した. FBG は天井面に幅 30 cm,

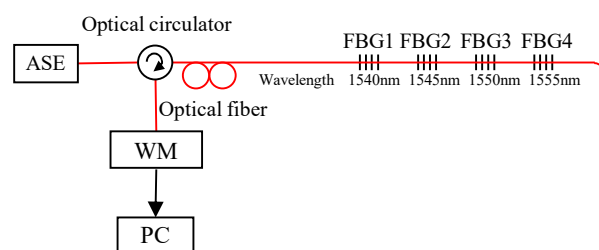


Figure 1. Optical system

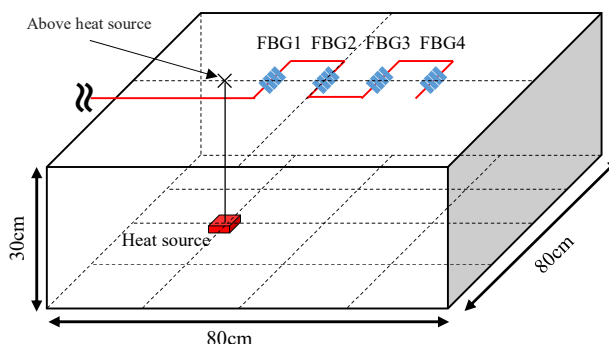


Figure 2. Conditions of experiment

奥行き 40 cm の位置から幅 60 cm まで 10 cm 間隔の 4 カ所に貼付した. 測定は, 火災発生前の周囲温度として 2 分間の温度測定を行った後に開始した. 火災を想定した熱源の加熱時間は 8 分とし 0.5 秒ごとに取得した. また乱流や FBG に対する振動の影響を考慮し, 5 点のデータによる移動平均処理を行った. Figure 3 は, 実験結果の一例である. ヒータの温度上昇に伴い距離に応じた温度変化が得られているのが分かる. しかし, 結果にみられるように, 測定開始時の温度が異なるため, 各 FBG の温度から測定開始前の温度の差分を取って補正した. この結果より距離と時間の関係を求めた. このときの温度の変化量の閾値は, 今回は 0.3°C とした. Figure 4 は, Figure 3 の結果より求めた距離と時間の関係で, 実線は最小二乗法により求めた近似曲線である. この結果を基に閾値への到達時間から位置の推定を行うこととした.

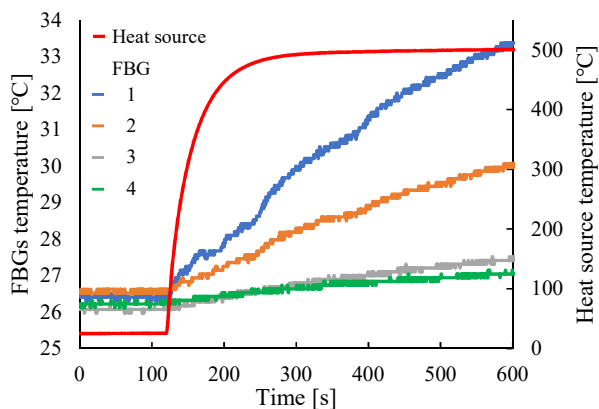


Figure 3. Measurement result

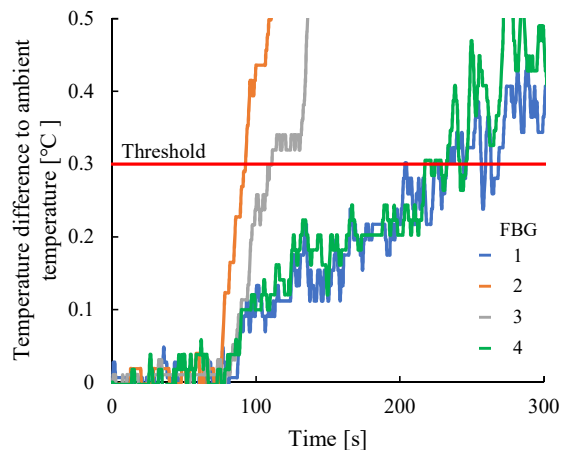


Figure 5. Measurement result

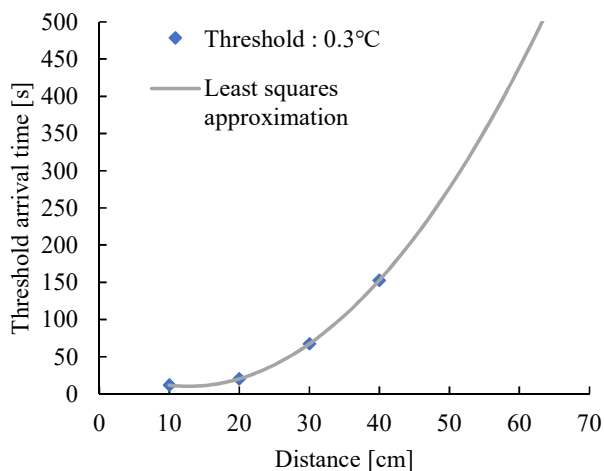


Figure 4. Relationship between distance and threshold arrival time

4. 熱源の位置推定

次に、熱源の位置推定について検討した。熱源は幅 70 cm, 奥行き 40 cm に設置した。FBG は幅 20 cm では奥行き 20 cm と 60 cm, 幅 60 cm では奥行き 20 cm と 60cm の計 4 カ所に設置した。Figure 5 は、各 FBG の温度変化量の測定結果である。熱源に近い FBG 2, 3 は、FBG 1, 4 と比較値が急峻に増加していることが分かる。この結果より、温度変化量が 0.3°C を超える時間を求め Figure 4 の近似曲線にあてはめ、各 FBG から熱源までの距離を求めた。Figure 6 は、その結果を基に熱源の位置を推定した結果である。各 FBG を中心とした円は、熱源の推定位置で、それらが重なる幅約 54 cm, 奥行き約 40 cm に熱源があると推定される。実際の熱源の位置 (幅 70 cm, 奥行き 40 cm) と比較し、幅方向に約 16 cm の誤差が生じている。これは FBG-熱源間の距離に対する温度変化量の閾値到達時間の近似処理や、乱流の影響が考えられる。

5. おわりに

熱源-FBG 間の距離と熱源発熱時の FBG の温度上昇に要する時間の関係から、任意の点における熱源発熱時

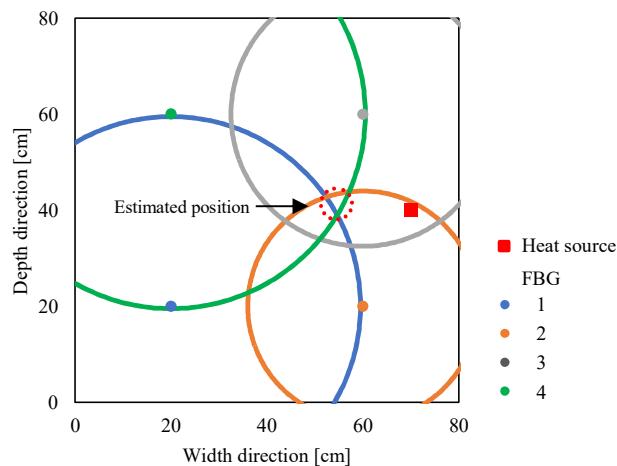


Figure 6. Estimated position of heat source

の各 FBG の温度情報より、熱源の位置を推定できる見通しを得た。

6. 参考文献

[1] 総務省消防庁：平成 28 年 (1 月～12 月) における火災の状況(確定値), p. 7, 2017
 [2] T.Yamaguchi, Y.Shinoda : Development of fast FBG interrogator with wavelength-swept laser, SPIE, Vol. 9506, 95061F-1, 2015
 [3] 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, 電気学会基礎・材料・共通部門 光応用・視覚研究会, LAV-14-16, 2014
 [4] 大野, 山口, 松村, 篠田, 小野 : 火災検知のための FBG を用いた温度測定システムの検討, 平成 28 年電気学会全国大会, 1-040, p. 52, 2016
 [5] T. Yamaguchi, H. Ohno, Y. Matsumoto, T. Matsumura, Y. Shinoda, T. Ono : Basic Study on Position Estimation of Fire Source using Fiber Bragg Gratings, AUBE '17, Vol. 2, pp. 195-203, 2017