

反射率の異なる同一波長のファイバブラッググレーティングによるひずみ測定の検討
 Consideration of Strain Measurement by Fiber Bragg Gratings of Same Wavelength with Different Reflectance

○村田亜優¹, 山口達也², 篠田之孝²

*Ayu Murata¹, Tatsuya Yamaguchi², Yukitaka Shinoda²

Abstract: The purpose of this study is to multiplex fiber Bragg gratings (FBGs) with same wavelength. In this report, machine learning approach was developed to detect the peak wavelengths of two FBGs with the same wavelength, and peak wavelength with respect to strain was measured.

ファイバブラッググレーティング (FBG) は高い防爆性と耐熱性を備える光学式センサである^{[1][2]}. そのため, 幅広い分野への応用が期待されているが, FBG の多点性能が波長分割多重により制限される問題がある. そこで, 同一波長多重による FBG の計測法の開発を進めている^{[3][4]}. 本文では反射率の異なる同一波長の FBG のピーク波長を検出する機械学習を開発し, ひずみに対するピーク波長の測定を行った.

Fig. 1 は FBG の多点計測のための実験装置である. 光源には波長 1.55 μm 帯の広帯域光源を使用する. 測定対象の二つの FBG は同一特性であり, 反射波長 1550 nm, 半値幅 0.2 nm, 反射率 3% である. 同一特性では, FBG の反射スペクトルが複雑に重なり合い, 従来手法ではピーク波長の検出が困難とされていた. そこで, 機械学習を用いたピーク波長の検出を試みた. 機械学習による各 FBG の識別のため, FBG2 の伝送路の光アッテネータにより, FBG2 の反射率を調整した. 機械学習には畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を使用した. CNN はガウス近似を使用して FBG の数値モデルを作成し, 19,881 個のデータセットを生成することにより学習した.

Fig. 2 は開発した CNN を用い, ひずみによるピーク波長測定を行った結果である. CNN は 8 層の畳み込み層及び 7 層のプーリング層で構成し, 二乗平均平方根誤差が約 2.2 pm であった. ひずみの印加範囲は 0~1000 με とし, 各 FBG にはひずみを線形に増減させて印加した. 開発した CNN がひずみによる各々の FBG のピーク波長を検出できており, 標準偏差が約 7.0 pm であった. ひずみに対するピーク波長の感度は約 1.1 pm/με であり, 一般的な FBG の感度とよく一致する. 以上より, 機械学習が同一波長の 2 つの FBG のピーク波長を検出できることが示した.

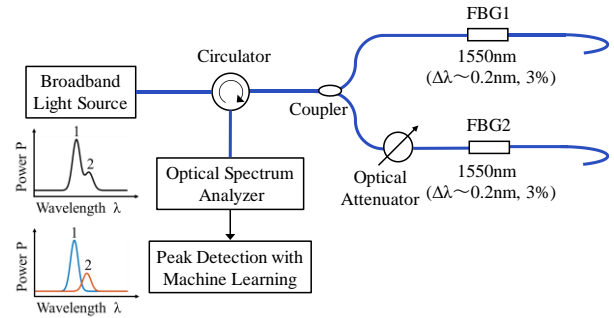


Figure 1. Experimental system

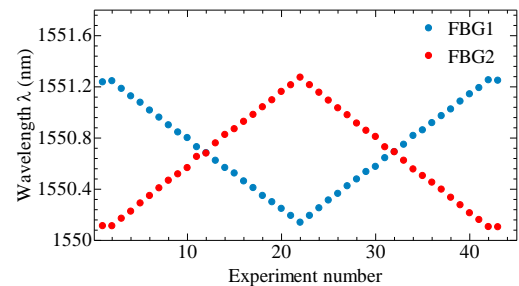


Figure 2. Peak wavelength detection with CNN

謝辞

この研究の一部は, 科研費若手研究 20K14754, 24K17288, 及び日本大学理工学部研究助成金の援助を受けて行われた.

参考文献

- [1] A. D. Kersey *et al.* : “Fiber grating sensors”, *J. Light. Technol.*, Vol.15, No.8, pp.1442-1463, 1997
- [2] Y. C. Manie *et al.* : “Enhancement of the multiplexing capacity and measurement accuracy of FBG sensor system using IWDM technique and deep learning algorithm”, *J. Lightw. Technol.*, Vol.38, No.6, pp.1589-1603, 2020
- [3] T. Yamaguchi *et al.* : “Experimental demonstration of peak wavelength measurement of multiplexing fiber Bragg gratings using convolutional neural network.”, *IEEE Sensors J.*, Vol.23, No.9, pp.9343-9352, 2023
- [4] 村田亜優 他 : 「反射率の異なる同一波長のファイバブラッググレーティングのピーク波長検出の検討」, 令和6年電気学会基礎・材料・共通部門大会, 2-P2-21, 2024

1 : 日大理工・院 (前)・電気 2 : 日大理工・教員・電気