

## シリコン埋め込み型光ファイバ曲率センサの応答特性に関する基礎検討

### Fundamental Study on Response Characteristics of Silicone-Embedded Optical Fiber Curvature Sensors

○柴田龍空<sup>1</sup>, 山口達也<sup>2</sup>, 篠田之孝<sup>2</sup>\*Ryuku Shibata<sup>1</sup>, Tatsuya Yamaguchi<sup>2</sup>, Yukitaka Shinoda<sup>2</sup>

Abstract: Curvature sensors play vital roles in structural health monitoring, wearable devices, and soft robotics. This study presents a fiber Bragg grating (FBG)-based curvature sensor embedded in silicone. A single FBG subjected to a curvature of  $10 \text{ m}^{-1}$  exhibited opposite wavelength shifts under positive and negative bending, confirming the sensor's potential for bidirectional curvature detection.

曲率センサは、構造物の健全性評価を目的とする土木工学分野やソフトロボティクスの運動検知など、多岐にわたる応用分野で利用されている。本研究では、高感度かつ高い柔軟性を有する光ファイバセンサの一種である Fiber Bragg Grating (FBG)<sup>[1-3]</sup>に着目し、シリコン材料に FBG を埋め込んだ曲率センサの開発を進めている。本稿では、単一の FBG をシリコンに埋設し、正方向および負方向に曲げた際の反射スペクトルの波長シフトを測定した結果について報告する。

Fig. 1 に実験装置の構成を示す。光学系は広帯域光源、サーキュレータ、光スペクトラムアナライザ及びセンサで構成した。センサの作製にあたっては、まず 3D プリンタで型枠を成形し、その中央に FBG を固定した後、シリコンを流し込み硬化させることで成形した。完成したセンサの寸法は高さ 5 mm、幅 10 mm、長さ 20 mm であり、FBG は高さ 1.5 mm、幅 5 mm の位置に埋設した。実験では、センサを曲率  $10 \text{ m}^{-1}$  の正方向および負方向の曲面に沿わせ、両方向における波長シフト応答を評価した。

Fig. 2 にセンサを曲面に沿わせた際の反射スペクトルの測定結果を示す。正方向および負方向の曲面にセンサに沿わせることで、平坦状態から波長がシフトしていることが確認された。平坦時の FBG の反射中心波長は  $1550.200 \text{ nm}$  であり、正方向の曲面ではシリコンによる圧縮応力により  $1550.156 \text{ nm}$  へシフトした。一方、負方向の曲面ではシリコンによる引張応力により  $1550.268 \text{ nm}$  へシフトした。以上の結果から、開発したセンサは正負の曲げに対して反射スペクトルが逆方向に変化することが確認でき、両方向の曲げ検知への応用可能性が示された。

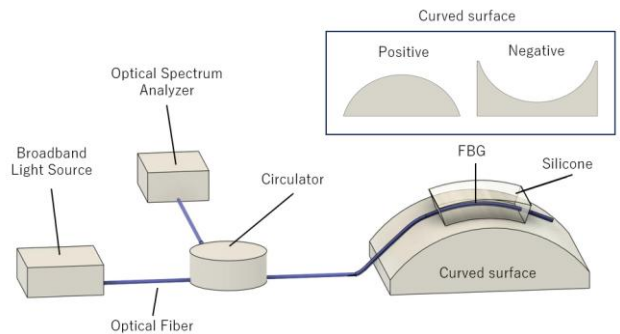


Figure 1. Experimental setup

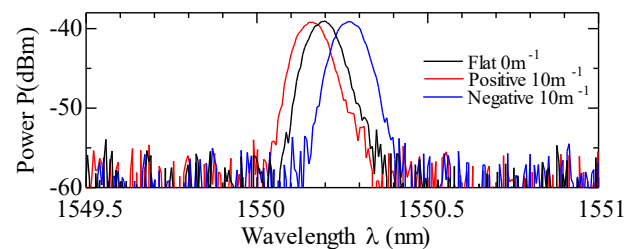


Figure 2. Response characteristics of curvature sensor

## 参考文献

- [1] A. D. Kersey et al., "Fiber grating sensors," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 15, no. 8, pp. 1442-1463, 1997.
- [2] J. Ge et al., "Bidirectional soft silicone curvature sensor based on off-centered embedded fiber Bragg grating," *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 28, no. 20, pp. 2237-2240, 2016.
- [3] L. Xu et al., "Dual-layer orthogonal fiber Bragg grating mesh based soft sensor for 3-dimensional shape sensing," *Optics Express*, vol. 25, no. 20, pp. 24727-24734, 2017.