

偏波 OCDR を用いた磁場センシング Magnetic field sensing using Polarization-OCDR

○野田 康平^{1,2}、李 ひよん³、中村 健太郎¹、水野 洋輔²

¹東京工業大学 未来研 ²横浜国立大学 工学研究院 ³芝浦工業大学 工学部

○Kohei Noda^{1,2}, Heeyoung Lee³, Kentaro Nakamura¹, and Yosuke Mizuno²

¹Tokyo Institute of Technology ²Yokohama National University ³Shibaura Institute of Technology

E-mail: knoda@sonic.pi.titech.ac.jp

1. はじめに

光ファイバ中の光学現象を用いて温度や歪など様々な物理量を計測する光ファイバセンシング技術が近年盛んに研究されている。中でも光ファイバの複屈折が外界の影響を受けることを利用したセンサは多岐にわたり、偏波モード分散や偏波ビート長の分布測定^[1]、ファラデー効果を利用した磁気・電流センサ^[2]、振動センサ^[3]などが挙げられる。

単一モードファイバ (SMF) における散乱光の偏波状態を分布測定するために、我々は高空間分解能やランダムアクセス性、低廉性などの利点を有する光相関領域反射計 (OCDR) に基づく偏波分布測定法「POCDR」を提案し、その動作を実証した^[6,7]。これまで報告された実験結果は、いずれも曲げにより誘起された複屈折の測定であった。

本研究では、磁場によるファラデー効果により偏波状態が遷移する様子を POCDR を用いて測定することを試みた。リング型のネオジム磁石(459 mT)による磁場をシングルモードファイバ (SMF) に印加し、偏波状態の遷移を測定した。

2. 原理と実験系

OCDR は信号光と参照光を干渉パワーの大きさを用いて計測を行う。通常の OCDR では参照光の偏波状態は信号光のそれと一致させるか、スクランブラを用いてかく乱することで、ファイバの複屈折の影響を抑えている。偏波 OCDR では参照光の偏波状態を偏波コントローラを用いて制御し、様々な偏波状態の参照光に対して干渉パワーを計測することで、最小二乗法を用いた信号光偏波状態の推定を行う。偏波状態の位置分解は、通常の OCDR 同様、レーザに周波数変調を印加することで、測定ファイバ内の特定の位置の選択的な観測が可能となる。通常の OCDR の実験系の参照光路に、電圧制御型偏波コントローラ (PolaRITE PCS-4X, General Photonics) を制御ボード (USB-3105, MC Measurement) とともに挿入した。また参照光の一部を偏波保持カップラで分岐させ、偏光計 (PAX1000, Thorlabs) によって参照光の偏波状態を計測した。 (Fig. 1)。さらに、pump 光の偏波状態をポアンカレ球上に均一に分布するよう 6 通り振った。

3. 実験条件と実験結果

測定ファイバは通常の SMF とし、磁石の有無による変化を調べた (Fig. 2)。SMF のベルデ定数は 1550 nm において 0.53 rad/T/m [8]、用いたネオジム磁石は公称 459 mT、外径 23 mm、内径 8 mm、厚さ 14 mm であった。測定点は 12 mm ごとに 50 点取得した。理論空間分解能は約 10 mm であった。

磁石の有無それぞれの測定結果を Fig. 3 に重ねて示す。磁石がある場合、ポアンカレ球上で偏波の移動が生じた、または移動が大きくなったケースがあった (1, 2, 6)。また、磁場をかけても変動しないケースもあった (4)。これは、入射偏波が磁場によるファラデー効果の回転軸近傍に存在したためと考えられる。実験結果の解釈には、リング型磁石の磁場分布なども含めて、さらなる検討が必要であると考えられる。今後は本結果に対してより定量的な評価を推進していく予定である。

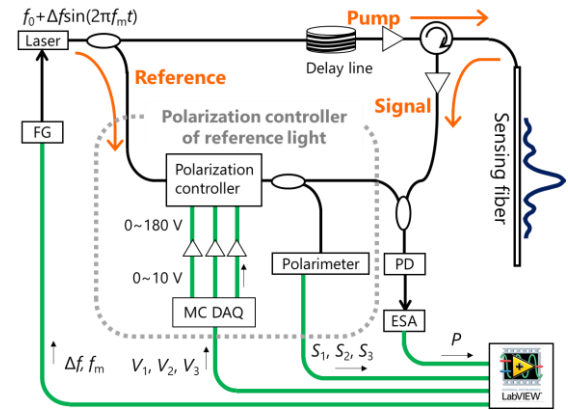


Fig. 1 Experimental setup of automated POCDR.

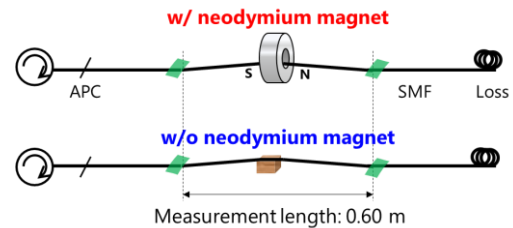


Fig. 2 Structure of sensing fiber.

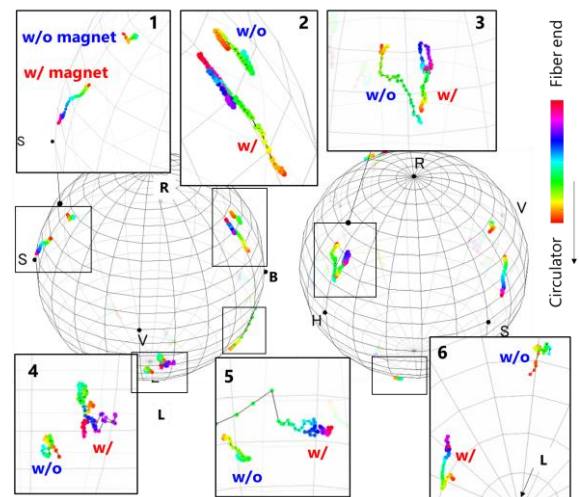


Fig. 3 Measured distributed polarization states.

参考文献

- [1] Y. Mizuno, et al., *Appl. Phys. Express* **2**, 046502 (2009)
- [2] L. Sun, et al., *Opt. Express* **18**, 5407 (2010).
- [3] Z. Zhang, et al., *Opt. Express* **16**, 10240 (2008).
- [6] 野田 他, 秋応物 2020, 8p-Z16-16.
- [7] D. H. O. Bebbington, et al., *J. Opt. Soc. Am. A* **17**, 2260 (2000).
- [8] J. L. Cruz, et al., *Appl. Opt.* **35**, 6 (1996).