

偏光渦を用いたファイバセンシングの理論的検討

Theoretical study of fiber sensing using polarization vortex

長岡技術科学大学¹, ㈱オプトゲート², [○](M1)比嘉 悠介¹, 坂本 盛嗣¹,

野田 浩平¹, 佐々木 友之¹, 田中 雅之², 小野 浩司¹

Nagaoka Univ. of Tech.¹, OPT Gate Co., LTD²,

[○]Yusuke Higa¹, Moritsugu Sakamoto¹, Kohei Noda¹, Tomoyuki Sasaki¹, Masayuki Tanaka²,
and Hiroshi Ono¹

E-mail : onoh@vos.nagaokaut.ac.jp

1. 背景・目的

ファイバセンシングはロボットの動作検出から建造物の老朽化検査まで幅広い分野で利用されている。ファイバセンシングで検出できる情報の一つとして、歪みの有無があるが、その向きを検出するのは難しい。そこで本研究ではプローブ光に偏光渦を用いたファイバセンシングを提案する。偏光渦は円筒対称な偏光分布を有するため歪み印加により偏光の空間分布が乱されれば、偏光渦のモードスペクトルの変化に歪みの情報が反映されることが予想される。そこで今回我々は、歪み印加時にファイバ内部を伝搬する偏光渦に生じるモードスペクトルの変化を FDTD 計算により解析し、歪みの大きさと向きに対する関係性を調査したので報告する。

2. シミュレーション方法

シミュレーション空間上に曲げ歪みを有したファイバの屈折率分布を与える。曲げ歪みが生じるとファイバ中には以下の式で表される複屈折が生じる。

$$\delta n = \frac{n^3}{2} (\rho_{12}(1 - \nu) - \nu \rho_{11}) \frac{x}{R}$$

n はコアまたはクラッドの屈折率、 ρ_{11} , ρ_{12} は光弾性係数、 ν はポアソン比、 R は曲げ歪みの曲率半径、 x はファイバ中心からの位置であり $-r \leq x \leq r$ の値をとる。 r はファイバの半径である。本研究では 1313 nm の SMF を想定しておりコアの屈折率を 1.45094 クラッドの屈折率を 1.44680、コア径 8.2 μm 、クラッド径 125 μm とした。

モードスペクトルは次の式で計算した。

$$\iint \mathbf{E}_{out} * \mathbf{E}_{\delta}^p dS$$

$\mathbf{E}_{out}$ はプローブ光の電場でファイバ内部の反射光である。 p は偏光渦の次数、 δ は初期位相である。

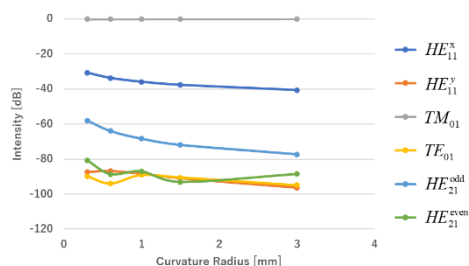
1313 nm 用 SMF 中を LP11 モードに相当する偏光渦が伝搬できるように、プローブ

光の波長は 1064 nm を仮定した。

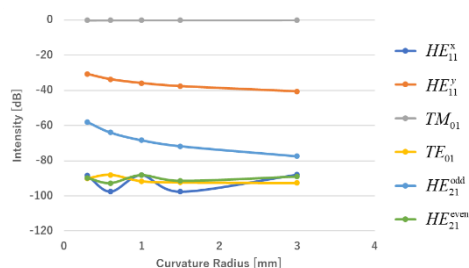
3. 結果及び考察

ファイバの曲げ歪みの半径を変化させたときのモードスペクトルの変化を Fig.1 に示す。(a)はファイバに x 軸に沿った曲げ歪みを加えた場合、(b)はファイバに y 軸に沿った曲げ歪みを加えた場合の結果である。反射光全体の強度を 1 とした規格化をしたうえで縦軸 dB とした。

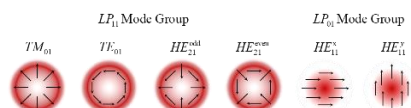
x 軸に沿って曲げれば HE_{11}^x が、 y 軸に沿って曲げれば HE_{11}^y のスペクトルが増大する。したがって偏光渦をプローブ光とすることで歪みの大きさと方向が検出可能である。



(a) Bend along x axis



(b) Bend along y axis



(c) Polarization vortex mode
Fig.1 Result of simulation