

## 位相変調光の偏光干渉によるマルチコアファイバのねじれ測定

1250010 石尾 周暉 (光制御・ネットワーク研究室)  
(指導教員 小林 弘和 教授)

## 1. はじめに

光ファイバは通信用途だけではなく、内部の光の強度や偏光状態を測定することによりファイバ周辺の環境情報を得るためのセンサとして用いることができる。しかし通常のシングルモードファイバ (SMF) を用いるとファイバに沿った張力や温度といった一次元的な物理量の観測しかできない。一方、近年開発されたクラッド内に複数のコアを有するマルチコアファイバ (MCF) を用いることにより二次元的な曲げの向き、ねじれ測定が可能であると期待されている。クラッド内に複数のコアを有する MCF において、異なるコアにおける相対的な偏光状態の変化を干渉測定することにより、従来の SMF を用いたファイバセンシングで観測が難しかったファイバのねじれの向きと大きさの両方を、曲げと明確に分離して測定することを目的とする。

## 2. MCF の原理

光ファイバに曲げやねじり操作をするとファイバ内の光波の位相と偏光が変化する。ここで、MCF 内のコア間の関係に注目すると、曲げ操作は位相のみが相対的に変化し、ねじり操作は位相と偏光の両方が相対的に変化する。したがって、光ファイバ内の異なるコアにおける相対的な偏光状態の変化を読み取ることで、ねじり操作を曲げ操作と区別して計測できる (図 1)。

相対的な偏光状態の変化を計測するために、干渉測定を採用した。7つのコアを有する MCF のうち、3つを選択し、それぞれ異なる周波数  $f_1, f_2, f_3$  に周波数変調を施した光を干渉させ、3つのうなり成分の位相和を計算した。位相和は、周辺環境の変化により容易に変化する各うなり成分の位相  $\phi_1, \phi_2, \phi_3$  が打ち消され、相対的な偏光状態を表す項のみを抽出できる (図 2)。

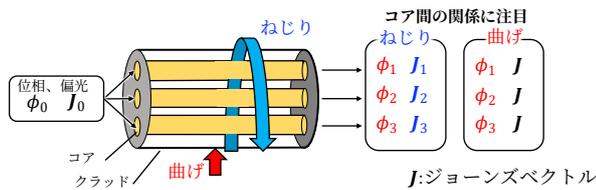


図 1: MCF の曲げとねじりによる位相と偏光の変化。

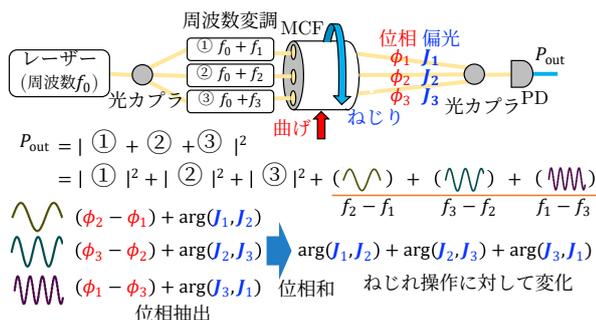


図 2: 干渉測定と位相和抽出方法。フォトダイオード (PD)。

## 3. 実験構成

SMF から出力された波長 1550 nm のレーザー光を光カプラで、3つに分割したのち位相変調器 (PM) で周波数変調し、その後、MCF を通し、光カプラで合波して干渉波形をオシロスコープで測定した。位相信号の雑音を低減するため、干渉波形と正弦波との相関係数が最も高くなるように、任意波形発生器 (AWG) でのこぎり波の振幅を調整した。また、偏波コントローラ (PC) を各部に設置することにより適切な偏光状態に調整した。さらに 3 経路すべての光路長が等しくなるように光ファイバの長さを調節し、変調周波数はそれぞれ周波数の倍音成分との干渉が行われないように 0, 50, 130 kHz に設定し、干渉信号のデータから数値計算によってうなり成分の周波数 50, 80, 130 kHz をフィルタで抽出して位相和を求めた。

## 4. 実験結果

MCF を 0.5 s 程度曲げたときの、各周波数の位相 [図 3(a)] と位相和 [図 3(b)] を測定した。図 3(a) より、MCF を曲げたとき位相が変化していることが分かり、図 3(b) より、位相和は曲げ操作に依存していないことが分かる。MCF を時刻 3 から 8 s で、右ねじの方向に 2 回、逆の方向に 2 回ねじったときの、各周波数の位相 [図 3(c)] と位相和 [図 3(d)] を測定した。図 3(c) より、位相が変化している箇所がねじれを加えた時間と対応しており、時間的にねじる角度を大きくしていることが分かる。図 3(d) より、右ねじの方向にねじると位相和が増加、逆の方向にねじると位相和が減少した。

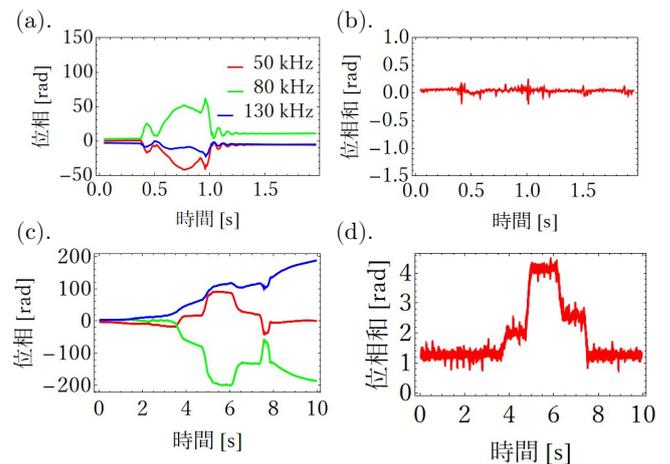


図 3: 光ファイバを (a)(b) 曲げたとき、(c)(d) ねじったときの結果。(a)(c) が角周波数の位相の変化で、(b)(d) が位相和の変化。

## 5. まとめと今後の展望

本研究では、目的であったファイバのねじれの向きと大きさの両方を曲げと明確に分離して測定することを達成した。

今後の展望では、リアルタイム測定やねじり位置の特定を行いたいと考えている。