

令和 3 年度実績報告書

令和 4 年 3 月 18 日

公立千歳科学技術大学
学長 宮永 喜一 様

公立千歳科学技術大学特別研究等助成要綱第 7 条に基づき、下記のとおり報告いたします。

報告者	所属	電子光工学科	職名	教授
	氏名	長谷川 誠	ふりがな	はせがわ まこと
研究課題名	光ファイバ出射光スポット内のスペックルパターン変動の機械学習アルゴリズムによる解析とセンシングへの応用			
本研究費による発表論文、著書など	国際会議 Makoto Hasegawa, Takato Chiba and Yu Miyakoshi, “Changes in speckle patterns in an output light spot from an optical fiber to be caused by load application of small weight level”, Proc. of SPIE vol.11901 (Advanced sensor systems and applications XI), 119010L, (Photonics Asia 2021, 11901-24), (2021-10)			

研究成果報告

I. 研究の背景

マルチモード光ファイバにコヒーレント光を入射して他端からの出射光をスクリーンに投影すると、投影された出射光スポットに図1に示すような光強度の不均一パターンが観測される。これは、一般にはスペックルパターンと呼ばれる。このパターンは、光の可干渉性（コヒーレンス性）に伴う各伝搬モード間の干渉により発生すると言われており、光ファイバへの外乱の印加によって、パターンに変動が生じる。通信用途では、このようなスペックルパターンの発生及び変動は伝搬光強度を変動させるなど好ましくない効果をもたらすことから、その低減が求められる。しかし、その一方で、この光ファイバに対する外乱印加によるスペックルパターンの変動現象をセンシング用途へ応用できる可能性があり、これまでに、その特性の検討結果や具体的なセンシング用途への適用の試みがいくつか報告されている。しかし、スペックルパターンの変動は様々な要因によって発生することから十分な再現性を実現することが難しく、十分に検討・解析されてきたとは言えない状況であった。

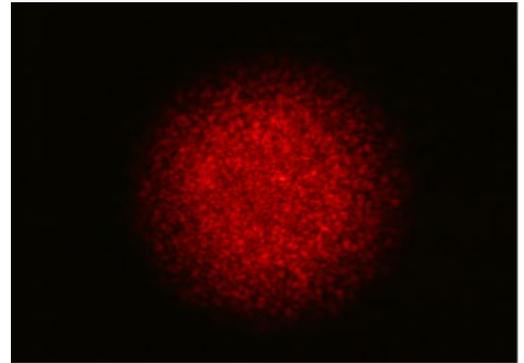


図1 スペックルパターンの例

申請者はこれまでに、このようなスペックルパターンの外乱印加による変動現象に着目して、センシングへの応用可能性も視野に入れながら安定した応答特性を得るための検討を進めてきた。具体的には、光ファイバをファイバ設置板の上にループ状またはU字状に設置した上でファイバ設置板を所定の方向に傾斜（回転）させると、出射光スポット内のスペックルパターンが回転するように変動することを見出した。また、他の外乱要因として光ファイバへ荷重を印加すると、スペックルパターンの変動に起因して出射光強度の減少が再現性良く生じることを見出した。

このようにセンシングへの応用可能性に関するある程度の手掛かりは得ることができたものの、これまでの検討ではパターン変動の検出・解析手法に改善の余地があった。例えば、パターンの回転現象に関して言えば、パターン内の個々の粒状形状が消滅や新たな発生を含む複雑な変動を呈するため、回転角度をリアルタイムで計測・算出することができず、実際のセンシング用途を実現するための障害になっていた。そこで本研究ではパターンの回転現象に特に着目し、回転時のパターン変動を画像データとして収集し、パターンの回転角度を自動的に算出する処理アルゴリズムの構築を目指して検討を進めた。

このようにセンシングへの応用可能性に関するある程度の手掛かりは得ることができたものの、これまでの検討ではパターン変動の検出・解析手法に改善の余地があった。例えば、パターンの回転現象に関して言えば、パターン内の個々の粒状形状が消滅や新たな発生を含む複雑な変動を呈するため、回転角度をリアルタイムで計測・算出することができず、実際のセンシング用途を実現するための障害になっていた。

そこで本研究ではパターンの回転現象に特に着目し、回転時のパターン変動を画像データとして収集し、パターンの回転角度を自動的に算出する処理アルゴリズムの構築を目指して検討を進めた。

II. 得られた成果

(1) 現象の観察のための実験システムの構築に関して

今回はまず、光ファイバを支持板の上に配置・固定した上で、支持板を傾斜させるように自動ステージで移動させる実験系を構築した。支持板の傾斜に伴うスペックルパターンの変動（回転）を画像データとして収集し、適切な画像処理を行ってパターン変動の解析を実施することを可能にした。

(2) パターン回転角度の解析

光ファイバを設置した支持板を10度だけ傾斜させ、パターンの回転角度を手作業で算出して、支持板の傾斜角度との関連性の有無を検討した。その結果、支持板の傾斜角度に比例するようなパターンの回転現象が比較的再現性が良く認められた。ただし、当研究室における以前の結果では、スペックルパターンの回転角度はファイバ支持板の傾斜角度にほぼ一致するという結果が得られており、相違が認められた。この点については、次に述べる自動解析を実現した上で、さらにデータ収集を遂行して検討をさらに進めていく必要がある。

(3) パターン回転現象の自動解析手法の検討

このようなスペックルパターンの回転現象の自動的な解析を行うための手法の実現を目指して、プレートマッチングによる回転方向の検出、ハフ変換による円検出、フレーム間の画像差分による回転量の検出という流れでパターン回転角度を自動的に算出するアルゴリズムを試行した。その結果として、ハフ変換による円検出を通してスペックルパターンの中心点を求めることが可能になり、この手法の採用が回転角度の計算に対して有用であることが認められた。しかし、実際にパターン回転角度を算出した結果においては、十分な精度での算出がまだ実現できていない。パターン変動（回転）を動画撮影する際の条件設定の最適化を図る必要があり、今後の課題となっている。