

光ファイバを用いた構造化照明による シングルピクセルイメージングの基礎的検討

1240101 都秋 光来 (光計測工学研究室)
(指導教員 田上 周路 准教授)

1. 研究背景・目的

医療現場において、生体内をイメージングする技術は多く存在するが、体内をすべて鮮明にイメージングすることはできない。また、近年では、低侵襲かつ安価で提供できる医療の需要が高まっているため、新しいイメージング方法が求められている。現在、医療分野で注目されている新しいイメージング方法の一つに光ファイバを用いたシングルピクセルイメージング (SPI) がある。細径で安価な光ファイバによるイメージングは、現代の医療問題の解決に寄与できると考えられる。本研究では、光ファイバによる構造化照明を実現し、SPIで画像を取得することを目的とし、医学・生理学への応用を目指す。

2. 光ファイバを用いた SPI

図1に示すように、SPIとは、構造化照明を任意の回数ターゲットに照射し、反射光もしくは、透過光を単一光検出器で受光し、得られたデータに対して信号処理を施して、ターゲットの画像を再構成するイメージング方法である。

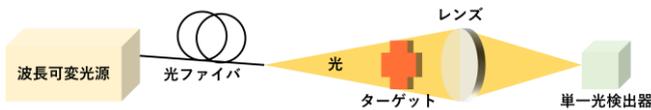


図1 光ファイバを用いた SPI の概略図

3. 使用する光ファイバ

本研究で使用した光ファイバを図2に示す。この光ファイバは、シングルモード光ファイバ (SMF) の先端にコアのみのマルチモード光ファイバ (MMF) を融着接続した光ファイバである。SMF から光を入力し、MMF に達したときに光が回折し、複数のモードとなり、干渉しながら伝搬する性質がある。また、MMF の外部に散乱物質を設置した場合、その屈折率に応じて、伝搬モードが変化する性質もある。

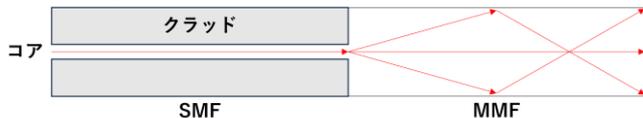


図2 使用する光ファイバ

4. 実験内容・方法

構造化照明を実現するために、図3に示すように DMD を用いた SPI で、光ファイバから出力される照明パターンの取得を試みた。また、照明パターンを変化させるために、MMF をガラス板、ディフューザー (拡散板) で挟んだ場合と光ファイバの前方に拡散板を設置した場合での照明パターンの取得を行った。

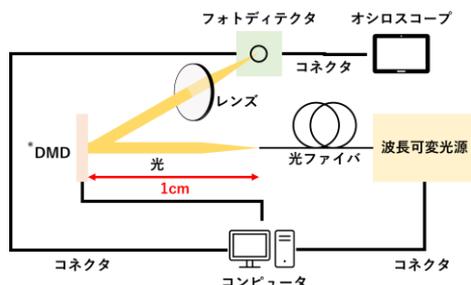


図3 光ファイバから出力される照明パターンの取得実験

5. 結果

図4にあらゆる条件において、波長 1500 nm から 1520 nm まで 10 nm 間隔で取得した光ファイバから出力される照明パターンを示す。

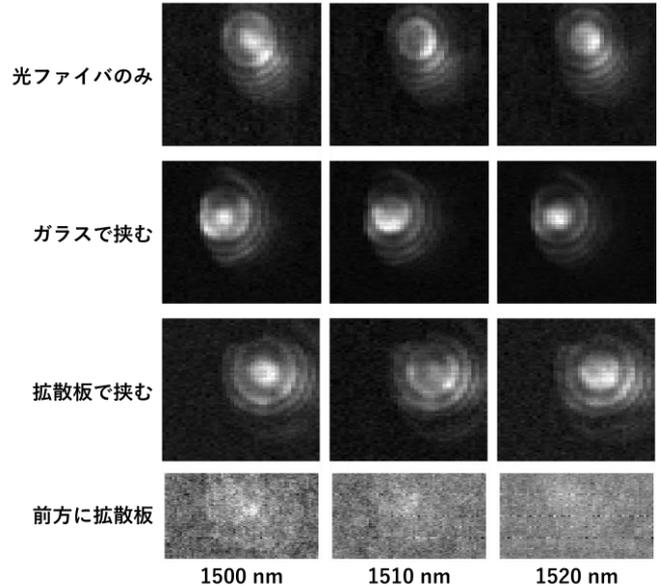


図4 光ファイバから出力される照明パターン

光ファイバから出力される照明パターンは、前方に拡散板を設置したとき以外、同心円状に分布していることが確認された。そして、波長の変化によって、内部の伝搬モードが変化し、照明パターンの干渉縞の位相に変化が見られた。ガラス板で挟んだ場合では、対称性が崩れ、上下方向に暗い影が観察され、拡散板で挟んだ場合では、照明パターンの分布面積が大きくなったことが観察された。前方に拡散板を設置した場合は、ノイズはあるが、照明パターンの同心円形が崩れ、光が一樣に分布したため、構造化照明として SPI に使用できると考えられた。しかし、これらの照明パターンでは、SPIによる画像の再構成は、実証できなかった。照明パターンの中心の変化が乏しく、外側の干渉縞の分布しか SPI に寄与しなかったと考えられる。しかしながら、構造化照明の適切化、受光素子の感度・ダイナミックレンジの最適化、測定ノイズ・環境ノイズの低減、再構成アルゴリズムの最適化、再構成に必要な十分な測定回数などを検討・改善することで、光ファイバを用いた SPI による画像の再構成を実証できる可能性がある。

6. まとめ

光ファイバから出力される照明パターンは、波長の変化、もしくは、外部の物質の屈折率の影響で、伝搬モードが変化し、異なる照明パターンを作成できることが確認された。また、拡散板を光ファイバの前方に設置したときの照明パターンは、一樣に分布することが確認された。

本研究では、構造化照明の中心の変化が SPI に寄与しなかったため、光ファイバを用いた SPI を実証することはできなかった。しかし、実験装置、手順の再検討や外部条件の変化などを最適化することで、光ファイバを用いた SPI を実証できると考えられる。