

スペクトル符号化単一ファイバイメージングの空間分解能

Spatial resolution of spectral encoded single fiber imaging

富山大理工¹, [○](M1)小池 亮¹, 大嶋 佑介¹, 片桐 崇史¹

Graduate School of Science and Engineering, Univ.Toyama¹,

^{*}Ryo Koike¹, Yusuke Oshima¹, Takashi Katagiri¹

E-mail: katagiri@eng.u-toyama.ac.jp

1. はじめに

スペクトル符号化技術は、スペクトルエンコーダを介して画像情報をスペクトル情報として計測し、得られたデータから画像を再構成する¹⁾。我々はこれまで、多モード干渉スペクトルエンコーダを提案し、これにより単一ファイバイメージングが実現可能であることを示した²⁾。本研究では、多モード干渉スペクトルエンコーダの光学分解能について調査する。

2. 実験系

Fig.1に実験系の概要を示す。キャリブレーションでは撮像面内において、撮像対象と等しいスペクトルを有する点光源を順次移動させ、スペクトルエンコーダ (SE) を介して校正スペクトルを取得する。イメージングでは同様に撮像対象からのスペクトルを取得する。光源がインコヒーレントな場合、取得したスペクトルは、校正スペクトルの線形和で表されるため、最小二乗法により画像を再構成することができる。

本研究では、厚さ 250 μm のガラスセルにローダミン b 水溶液を注入したスクリーンに対し、波長 532 nm のレーザー光をスポット径 5 μm で照射してキャリブレーション用の点光源とした。実験では、コア径 3.5 μm , NA0.1 のシングルモードファイバに、コア径 105 μm , NA0.22 のマルチモードファイバを融着接続した多モード干渉スペクトルエンコーダを使用し、スクリーンから 10 μm の位置に配置した。このエンコーダを自動ステージで、10 μm ステップ、400 点で直線に移動させたときの校正スペクトルを測定した。

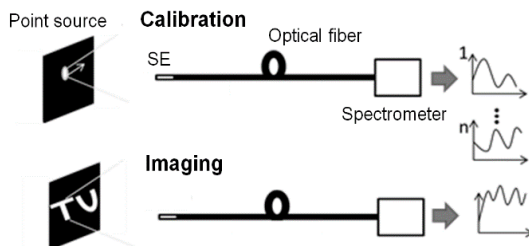


Fig.1 Experimental system

3. 結果

直線上で計測した 400 点の校正スペクトルを用いて、システムの光学分解能を評価した。分解能の評価指標には、計測した 400 点の校

正スペクトルから任意の 1 点の位置を推定した際の半値幅を用いた。Fig.2 に推定結果の一例を示す。ここで、ノイズの影響を調べるため、校正スペクトルに分散値 $I_{\text{max}}\sigma^2$ (I_{max} : 校正スペクトルの最大値) のガウス性白色ノイズを加えて評価を行った。 $\sigma^2=0.1$ では半値幅 90 μm であるのに対して、 $\sigma^2=0.001$ では明らかに半値幅が狭いことが分かる。Fig.3 はノイズと半値幅の関係である。半値幅はノイズの減少に伴い単調に減少することが分かる。本測定において校正スペクトルの信号雑音比は 30 dB であることから、システムの光学分解能は 40 μm であると結論付けた。

一方、4 mm 視野において 40 μm のスポット径の観測をスペクトルエンコーダと同径 (105 μm) のイメージセンサで実現するためには、焦点距離が 0.25 mm の対物レンズが必要となるため困難である。このことは、超細径撮像システムにおけるスペクトル符号化法の優位性を示唆している。

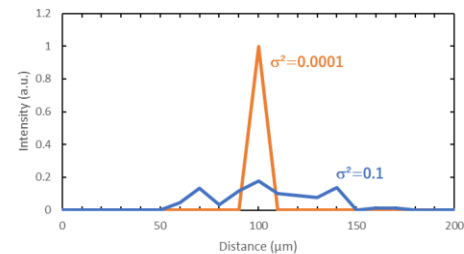


Fig. 2 Position estimation

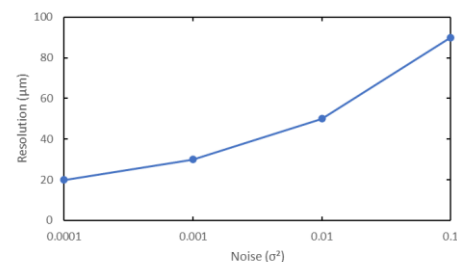


Fig. 3 Spatial resolution as a function of noise

参考文献

- 1) J. Shin, B. Bosworth, and M. A. Foster: Optics Letters 41 (2016) 886.
- 2) Y. Takizawa, T. Katagiri and Y. Matsuura: Proceedings of SPIE 10872 (2019) 1087213.