

# 連続ウェーブレット変換を用いたスペクトルドメイン干渉計による 段差計測

## Spectral domain optical coherence tomography using continues wavelet transform



○(DC) 芹澤 琢磨<sup>1</sup>, 鈴木 孝昌<sup>1</sup> 崔 森悦<sup>2</sup>, 佐々木 修己<sup>2</sup>

Niigata Univ. Graduate School of Science and Technology.<sup>1</sup>, Niigata Univ. Faculty of Engineering.<sup>2</sup>

E-mail: f141002a@mail.cc.niigata-u.ac.jp

### 1.はじめに

光干渉断層計<sup>1,2)</sup> (OCT) は非接触、非侵襲な測定を高精度に行うことができ、生体医用計測に応用されている。中でもスペクトル領域 OCT (SD-OCT) と呼ばれるフーリエ領域 OCT は、多波長光源と分光器を用いた干渉計測を行い、高速かつ高精度計測を実現している。しかし、SD-OCT では、分光器を用いた干渉信号の波長を空間的に線形分布させ干渉信号を生成するため、位相は非線形変化を示し、得られる干渉信号が非定常信号となる問題があった。そこで本研究では、非定常信号を解析するために連続ウェーブレット変換<sup>3)</sup> (CWT) を用いる手法を提案する。

### 2.原理

波長と位相の関係を次式に示す。

$$\alpha_n = \frac{2\pi L}{\lambda_n} = 2\pi N + \Delta\alpha_n \quad (1)$$

式(1)より、ある光路差Lのとき波長を線形に変化すると位相は非線形を示す。また、光路差Lは式(2)で表される

$$L = \left(\frac{1}{2\pi}\right) \cdot \lambda_n(\Delta\alpha_n + 2\pi N) \quad (2)$$

式(2)より、光路差は各波長に対応した位相を必要とする。この位相情報を導出するために信号解析にCWTを用いる。ウェーブレット変換の定義式を式(3)、式(4)に示す。

$$W(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) dx \quad (3)$$

$$\psi(a,b) = \psi\left(\frac{x-b}{a}\right). \quad (4)$$

CWTは時間-周波数解析の1つであり式(4)のマザーウェーブレット $\psi(a,b)$ を伸縮、移動し、式(3)のウェーブレット係数 $W(a,b)$ として元の信号 $f(x)$ と $\psi(a,b)$ の相関を測ることで非定常信号を解析する。

### 3.実験装置

実験装置の構成を図1に示す。光源にはスーパーluminescentダイオード(SLD),中心波長 830nm、半値幅 15nm を用いマイケルソン干渉計を構成する。コリメートレンズ (Lens) を通った平行光はビームスプリッタ (BS) で分割される。ミラー (M) で反射した参照光とシリンドリカルレンズ (CL1) により 1.03mm,1.07mm のゲージブロックで構成される測定物体 (OBJ) 上に線形に集光し反射された物体光が干渉する。生成された干渉信号を回折格子 (G) により線形に分光し、シリンドリカルレンズ (CL2) で直線状に結像した後、干渉縞として CCD カメラで受光する。

### 4.実験結果

図2に測定された干渉縞を示す。y=100 画素における1ライン干渉信号を図3(a)に示す。連続ウェーブレット変換による干渉信号解析結果は図3 (b) の係数

分布、3(c)の位相分布として表れる。図3(a)に示される係数分布から最も高い相関を表す $W(a,b)$ を特定し、図3 (b) の位相分布上に実線で示される点をトレースし位相を検出する。検出された位相を図4に示す。この位相情報を基に計算されたy=100における光路差を図5に示す。また、図6に光路差の一次元分布を示す。図6より、光路差 $L_A, L_B$ はそれぞれ130.4 $\mu\text{m}$ 、90.8 $\mu\text{m}$ と求め、段差40.4 $\mu\text{m}$ が計測された。

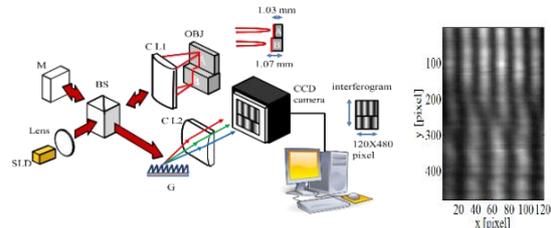


図1 実験装置の構成

図2 干渉縞

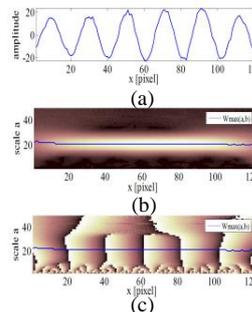


図3 CWT 解析結果

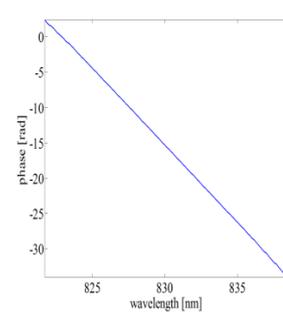


図4 検出された位相

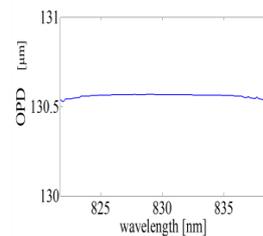


図5 y=100における光路差

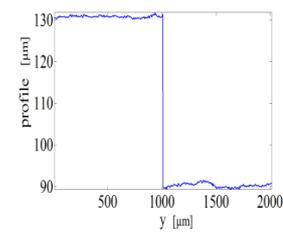


図6 光路差の一次元分布

### 5.まとめ

マイケルソン型干渉計と分光器からなるSD-OCTシステムを構成し、連続ウェーブレット変換を用いた位相解析を行った。得られた位相情報を基に、位相一波長の関係式を用いて光路差を導出し、本手法の原理、有用性を確認した。

### 参考文献

- [1] J. G. Fujimoto, S. A. Boopart. Neoplasia, Vol. 2, Nos.1-2, pp.9-25, (2000).
- [2] A. F. Fercher, C. K. Hitzenberger, and R. Leitgeb. Optics Express, Vol. 11, No. 8, pp.889, (2003).
- [3] L. R. Watkins, S. M. Tan and T. H. Barne Optics Letters Vol.24, No.13, 905-907, (1999).