

ウェーブレット変換を用いたフルフィールド SD-OCT による 段差形状計測

Full-field spectral domain optical coherence tomography using wavelet transform

○(M2) 吉田 匠¹, 鈴木 孝昌¹, 崔 森悦², 佐々木 修己²

Niigata Univ. Graduate School of Science and Technology,¹ Niigata Univ. Faculty of Engineering.²

E-mail: f15c085j@mail.cc.niigata-u.ac.jp

1. はじめに

近年低コヒーレンス光源を採用し、半波長を超える距離の計測を行える光コヒーレンストモグラフィシステム(OCT)が新たな測定手法として既に幅広く用いられている。本研究では広帯域光源を用いるスペクトラドメイン OCT(SD-OCT)を採用する。SD-OCTは機械的掃引が必要なく高速な計測ができ、また安価な広帯域光源を選択できるという利点がある。本研究では得られた干渉信号に対し、連続ウェーブレット変換(CWT)^[1]を施すことで、より精密な計測を行うことを目標としている。

2. 原理

図1に実験装置の構成を示す。低コヒーレンス光源である PLD から射出された光がビームスプリッタ(BS)により参照ミラーと物体側に分けられる。その後反射光は再び BS に入射し参照光と干渉する。この干渉光は回折格子に入射され、波長ごとに分光される。分光された光を平行光にするため、シリンドリカルレンズに通し、CCD カメラ上に結像する。これらにより、波長ごとに空間的に並んだ干渉画像を取得することができる。回折格子によって波長ごとに分光された光をシリンドリカルレンズで集光するとゲージブロックの厚みに依存してそれぞれ異なる空間周波数の信号が観測できる。初期波長を λ_0 、波長の空間変化率を k 、光路差を L とすると干渉信号の位相 α は

$$\alpha(x) = \frac{2\pi L}{\lambda} = \frac{2\pi L}{\lambda_0 + kx} \cdots (1)$$

と表される。(1)式より干渉信号の瞬時周波数 $f(x)$ は

$$\frac{1}{2\pi} \frac{d}{dx} \alpha(x) = f(x) = \frac{Lk}{(\lambda_0 + kx)^2} \cdots (2)$$

と表される。(1),(2)式より波長 λ は線形に変化するが、瞬時周波数 $f(x)$ は非線形に変化する。 $f(x)$ が非線形に変化する信号に対し FFT を行い光路差を求めると誤差が生ずる。そこで本研究では干渉信号に対しウェーブレット変換を行うことにより正確な段差形状の測定を行う。

3. 実験方法及び結果

数値演算言語 MATLAB を用いて、干渉信号を数値的に生成し、CWT を施すシミュレーションを行った。波長 $\lambda=600\sim 700\text{nm}$ とし、データ数 $N=1000$ 、光路差 $L1=100\mu\text{m}$ と $L2=300\mu\text{m}$ と設定した2つの干渉信号を図2(a)、図2(b)に示す。まず2つの干渉信号に対し CWT を行う。その結果を図3(a)、図3(b)に示す。次に輝度最大点を求め、エッジを除き三次曲線で近似する。さらに近似した輝度最大点グラフの縦軸をスケールから瞬時周波数に変換し、積分すると空間周波数の変化が検出できる。結果を図4(a)、図4(b)に示す。図4(a)の $L1$ を基準とし $L2$ を求めた結果、 $L2=299.98\mu\text{m}$ と求めることができた。

4. まとめ

PLD を用いた SD-OCT を実際に構築し、干渉画像を取得した。干渉信号にウェーブレット変換を行うシミュレーションを行い、光路差を 20nm の誤差で計測することができた。今後は実際の段差形状の計測を行っていく。

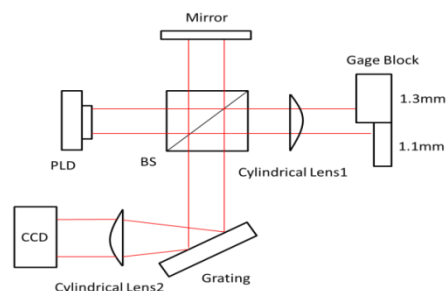
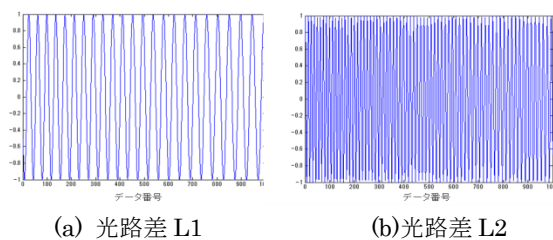


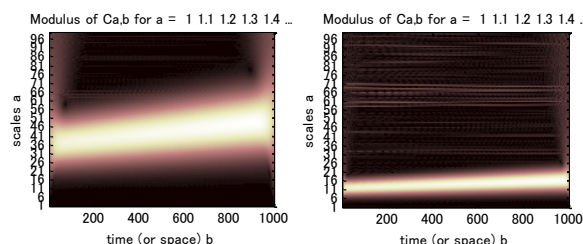
図1 光学系の構成



(a) 光路差 L1

(b) 光路差 L2

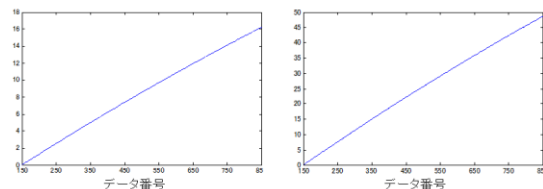
図2 干渉信号



(a) 光路差 L1

(b) 光路差 L1

図3 CWTの結果



(a) 光路差 L1

(b) 光路差 L1

図4 得られた空間周波数分布

参考文献

- [1] L.R.Watkins, S.M.Tan and T.H.Barne Optics Letters
Vol.24, No.13, 905-907, (1999).