波長 1.7 um 帯超高分解能フルレンジスペクトルドメイン OCT Full-range, ultra-high-resolution spectral-domain optical coherence tomography at 1.7 um wavelength range

^O川越 寛之¹,山中 真仁¹,巻田 修一²,安野 嘉晃²,西澤 典彦¹(1.名大院工,2. 筑波大 COG) ^oHiroyuki Kawagoe¹, Masahito Yamanaka¹, Shuichi Makita², Yoshiaki Yasuno², and Norihiko Nishizawa¹(1. Nagoya Univ., 2. Univ. of Tsukuba) E-mail: kawagoe.hiroyuki@e.mbox.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

光コヒーレンストモグラフィ(OCT)は,高空間分解能(~10 um)かつ非破壊なイメージング技術として,生物学および工業分野において広く用いられている.しかし,現在普及している波長 0.8-1.3 um 帯 OCT システムは、サンプル中で受ける散乱の影響により侵達長が制限されていた.近年、散乱の影響が少ない波長 1.55-1.8 um 帯を用いることで、高散乱サンプルにおける OCT イメージングの侵達長が向上できることが報告されている.特に、波長 1.7 um 帯は水の吸収が比較的小さいことから、高侵達なバイオイメージングへの応用が期待されている[1].一方、OCT の空間分解能は光源の中心波長に比例し低下するため、より広帯域な光源および検出器を用いた高空間分解能 1.7 um 帯 OCT の実現が期待されている.

本研究では、広帯域スペクトルを有するスーパーコンティニューム光(SC 光)と、イメージングレンジの向 上を可能にするフルレンジ法を用いることで、5 um を切る超高分解能な波長 1.7 um 帯フルレンジ SD-OCT システムを開発した.

2. 波長 1.7 um 帯フルレンジ SD-OCT システム

ファイバレーザベースの波長 1.7 um 帯 SC 光を OCT 光源として 用いた(Fig. 1)[2]. ファイバカプラを用いてマイケルソン型干渉計を 構築した. 高分解能を達成するため, 波長 1.4-2.0 um を検出可能 な分光器を設計・開発し, 高速 InGaAs フォトダイオードアレイ(1024 px, 47k A-lines/s)を用いて干渉スペクトルを検出した. 干渉スペクト ルから求められる深さ方向分解能の理論値は空気中で約 4.3 um であった. また, プローブ光をガルバノミラーの中心軸外に照射し, 隣り合う A-scan 間にπ/2の位相差を与えることでミラーイメージを抑 制し, イメージングレンジを通常の 2 倍にした(フルレンジ法)[3].

取得した干渉スペクトルと DC スペクトルとの差分をとり,等波長間隔から等周波数間隔ヘリサンプリン グ行った.その後,干渉スペクトルの複素成分を得るため,ガルバノミラーのスキャン方向に対してヒルベ ルト変換を行った.さらに,得られた複素スペクトルを通常の SD-OCT と同様にフーリエ変換し,干渉信号 を生成し OCT 像を取得した.

開発した 1.7 um 帯フルレンジ SD-OCT システムの感度および深 さ方向分解能はそれぞれ 100 dB,約4.7 um (in air)であった.深さ 方向分解能は,干渉計内に配置した分散補償ガラスを最適化する ことで,理論値まで向上させることができると期待される.得られた OCT 像のイメージングレンジは,フルレンジ法を適用することで 1.2 mm から 2.4 mm に向上した.

図2に開発した1.7 um帯フルレンジSD-OCT システムを用いて 取得した,ホルマリン固定したハムスター頬袋のOCT 像を示す.深 さ500 um 以上にわたって,組織中の上皮,結合組織,および筋層 が明瞭かつ高精細に観察できた.

参考文献

- [1] H. Kawagoe, et al., Biomed. Opt. Express 5(3), 932 (2014).
- [2] S. Ishida, et al., Appl. Phys. Express 4, 052501 (2011).
- [3] B. Baumann, et al., Opt. Express **15**(20), 13375 (2007).



Fig. 2. OCT image of a hamster's cheek pouch. This image consists of 4096 (depth) x 512 (transverse) px. (E: epithelium, C: connective tissue band M: muscular layer.)



detection range of the spectrometer is filled

with red.