

内耳感覚上皮帯の3次元断層及び振動様態計測のための多波長 *en-face* OCT 顕微鏡の開発

Multifrequency swept *en-face* optical coherence microscopy for in-vivo tomographic vibrometry of inner ear

新潟大工¹, 新潟大医², AMED-CREST, AMED³, ○崔 森悦^{1,3}, 任 書晃^{2,3}, 太田 岳^{2,3}, 鈴木 孝昌¹, 日比野 浩^{2,3}

Niigata Univ.¹, AMED-CREST, AMED³, ○Samuel Choi^{1,3}, Fumiaki Nin^{2,3}, Takeru Ota^{2,3}, Takamasa Suzuki¹, Hiroshi Hibino^{2,3}

E-mail: schoi@eng.niigata-u.ac.jp

聴覚の端緒である蝸牛基底膜の振動は、1~100 kHz かつサブナノレベルであり、体内で最も高速かつ微小である。この微小振動様式の理解を通じて、これまでブラックボックスであった蝸牛の作動原理を解明し、難聴の克服に貢献できる。そのためには、非侵襲で高精細な光生体計測システムの構築が必要である。

我々は、先行研究に於いて「多波長走査型光断層計測装置 (MS *en-face* OCT) [1]」と「広視野ヘテロダイン検波法[2]」を組み合わせた広視野一括断層振動撮像装置を開発した[3]。しかし、光源出力強度の不足などにより生きた動物の *in-vivo* 計測の実現には至らなかった。

本研究では、新たに supercontinuum(SC)を用いた高強度広帯域多波長光源を導入し、生きた生体の3次元断層計測及び振動計測を行った。

図1に構築した MS *en-face* OCT 顕微鏡を示す。SC 光の導入により 600~1000 nm の低コヒーレンス光コムを生成できた。サンプル照射パワーは最大 37 mW まで向上し、蝸牛感覚上皮帯組織の微弱な反射光を検出することが可能となった。干渉イメージの検出は高速 CMOS

カメラで行い、1 Gvoxel/sec のデータ収録速度を達成した。

実験では、生きた状態のモルモットの内耳感覚上皮帯の3次元 OCT 計測を行った。図2に感覚上皮帯の結果を示す、また、*in-situ* での 6kHz 及び 10kHz の音入力に対する感覚上皮帯振動の広視野一括検出に成功した。OCT 計測における深さ分解能は約 1.8 μm 、20 kHz 振動における最小検出振幅感度は約 2 nm であった。今後は、実用を念頭に更なる性能向上を目指す。

これらの結果は今後の *in-vivo*、及び *in-situ* での高精度な広視野断層振動計測が十分可能であることを示す。

参考文献

- [1] S. Choi, T. Watanabe, T. Suzuki, F. Nin, H. Hibino, and O. Sasaki, Opt. Express 23(16), 21078–21089 (2015).
- [2] S. Choi, Y. Maruyama, T. Suzuki, F. Nin, H. Hibino, and O. Sasaki, Opt. Commun. 356, 343–349 (2015).
- [3] S. Choi, K. Sato, T. Ota, F. Nin, S. Muramatsu, and H. Hibino, Biomed Opt. Express 8(2), 608–621 (2017).

謝辞

本研究は、AMED-CREST, AMED 及び科研費 (16H03164)によって行われた。

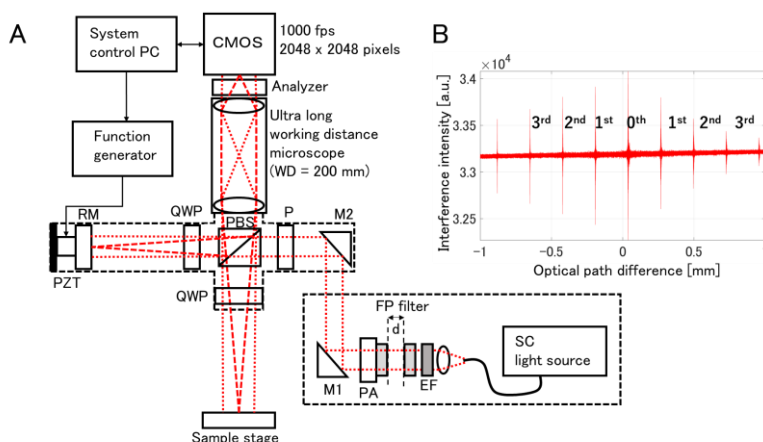
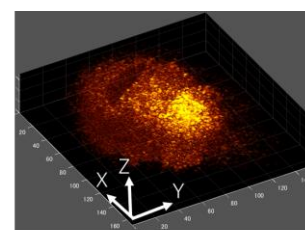
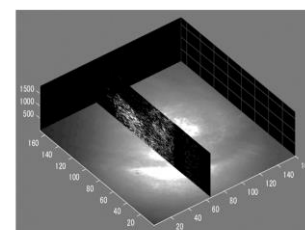


Fig. 1. Experimental setup, (A) MS *en-face* OCVM system (SC; Supercontinuum, EF; Edge pass filter, FP; Fabry-Perot, PA; Piezoelectric actuator, P; Polarizer, PBS; Polarized beam splitter, QWP; Quarter-wave plate, PZT; Piezoelectric transducer, RM; Reference mirror, M1,2; Mirrors), (B) Interference signal from the low-coherence optical comb generated by PPF and SC light source. The high order interference peaks could be observed via an interferometric spectral analyzer.



(a) Volume rendering



(b) X-Z cross-sectional image

Fig.2 Experimental result of *in-vivo* 3D-OCT of the sensory epithelium organ of Corti.