

多波長走査型光コヒーレンス顕微鏡とスパースモデリングによる 内耳感覚上皮帯ボリュームデータの3次元画像復元

Volumetric Data Restoration of Inner Ear Sensory Epithelia Based on Sparse Modeling with Multifrequency Swept Optical Coherence Microscope

新潟大工¹, 新潟大医² AMED-CREST³ ◦崔 森悦^{1,3}, 村松 正吾^{1,3}, 太田 岳^{2,3}, 任 書晃^{2,3},
鈴木 孝昌¹, 日比野 浩^{2,3}

Faculty of Eng., Niigata Univ.¹, School of Medicine, Niigata Univ.², AMED-CREST, AMED³
◦Samuel Choi^{1,3}, Shogo Muramatsu^{1,3}, Takeru Ota^{2,3}, Fumiaki Nin^{2,3}, Takamasa Suzuki¹,
Hiroschi Hibino^{2,3}

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

生きた動物の内耳感覚上皮帯の振動分布と構造を広視野一括で可視化するために、多波長走査型光コヒーレンス顕微鏡(MS-OCM)が開発された(図1)[1]。この装置は、干渉画像を測定対象のz軸(深さ)方向に沿って *en-face* で撮像することで3次元断層像を得る。しかし、本手法の撮像データには、スペックルなどの光乱反射や標本が生きているがゆえに生じるモーションアーチファクト、及び、波長収差が含まれる。本研究では、それらを効率的に除去するため、新たな信号復元法によるボリュームデータの可視化を試みた。

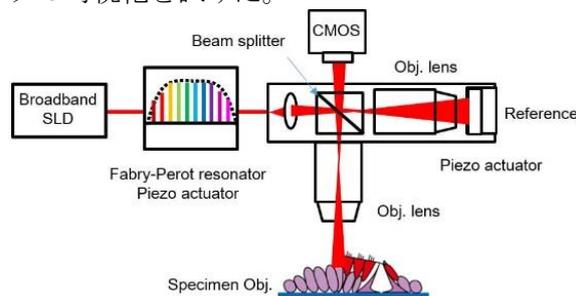


図1. The multifrequency swept (MS) optical coherence microscope (OCM). This equipment utilized broadband light source (e.g. a super luminescent diode (SLD) or a supercontinuum source (SC)) with Fabry-Perot filter that generated multifrequency components (i.e. optical comb) in frequency domain. The depth scan along z-axis was performed by sweeping the frequency interval of the comb. The interference images were captured by a highspeed CMOS camera.

本技術では、MS-OCM によって得られた OCT データに潜在的な屈折率分布を仮定したスパースモデルを設定し、復元を凸最適化問題として捉えた。次に、この問題を解決するために、主双対近接分離 (primal-dual splitting: PDS) 法[2]によりアルゴリズムを導出した。PDS は、逆行列演算を必要とせず、高次元データを扱うことができる。さらに、合成辞書として非分離冗長重複変換 (non-separable oversampled lapped transform: NSOLT) を適用した。

実測の感覚上皮帯データ (256×256×2000

voxel) の3次元画像復元(図2及び図3)によって本手法の実効性が検証された。

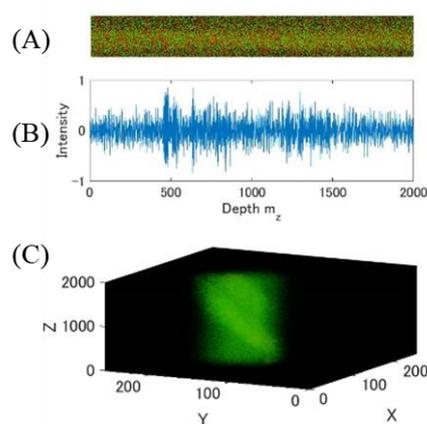


図2. Volumetric image of a live guinea pig's inner ear sensory epithelium obtained by MS-OCM without the restoration. (A) y-z slice at the center of x. (B) Z direction sequence (i.e. A-scan) at the center of x-y *en-face* image. (C) reconstructed volumetric image.

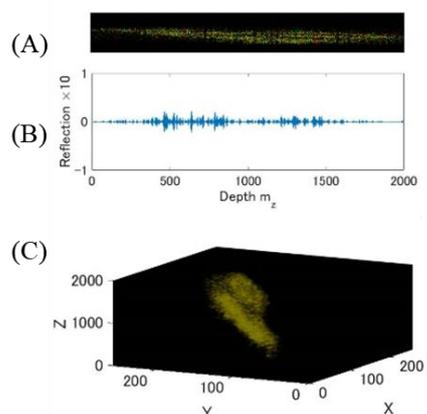


図3. Restored result using NSOLT. (A) y-z slice at the center of x. (B) restored A-scan data at the center of the *en-face* image. (C) 3D representation.

参考文献

- [1] S. Choi, et. al., BIOMED. OPT. EXP., **7** (10), pp. 3317–3342 (2019).
- [2] L. Condat, J. OPTIMIZ. THEORY. APP., **158** (2), pp. 460–479 (2013).

謝辞

本研究はAMED-CREST, AMED及び科研費(19H02151, 19H04135, 18H04062)の助成によって行われた。