

多波長走査型 OCM の広視野一括振動計測の性能評価と測定感度の向上

Performance evaluation and improvement of sensitivity for *en-face* vibration measurement using multifrequency swept OCM

新潟大院自然研¹, 新潟大工², 新潟大医³, AMED-CREST, AMED⁴

○(M1)吉水 海斗¹, 崔 森悦^{2,4}, 太田 岳^{3,4}, 任 書晃^{3,4}, 日比野 浩^{3,4}

Grad. School of Science and Technol., Niigata Univ.¹, Faculty of Eng., Niigata Univ.², Dep. of Molecular Physiology, Niigata Univ.³, AMED-CREST, AMED⁴

Kaito Yoshimizu¹, Samuel Choi^{2,4}, Takeru Ota^{3,4}, Fumiaki Nin^{3,4}, Hiroshi Hibino^{3,4}

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

1. はじめに

聴覚を司る内耳感覚上皮帯の振動を広視野一括で計測可視化するために Multifrequency-swept optical coherence microscopic vibrometry (MS-OCMV)^[1]が開発された。先行研究では、通常速度のカメラを用いて広視野で超音波帯域の振動を計測できる Wide-field heterodyne interference vibrometry (WHIV)^[2]及び、多波長走査型干渉法^[3]を組み合わせた光学装置を用いて、生きたモルモットの感覚上皮帯の断層構造と 23kHz の振動計測に成功した。しかし、振動振幅の測定感度は 1nm 程度(生体では 10nm 程度)に制限され、70dB 以下の小さい音に対する微小振動の検出には至らなかった。本研究では、より精密な振動検出を目指し、MS-OCMV の振動検出時の雑音の評価と改良を行った。さらに、検出可能な最小振幅での位相計測精度についても評価した。

2. 実験方法

改良した MS-OCMV を用いて、振動計測の性能評価のために、測定物体として平面ミラーを置き、PZT 素子を接続して 23 kHz で振動させた。測定には多波長干渉の 0 次信号を用いた。WHIV 法を適用するため、参照ミラーは 23.15 kHz の振動に 600 Hz のオフセット周波数を加えて振動させた。この機構により、差周波数 150Hz の位相変調信号を 600 Hz シフトされたヘテロダイン信号として検出した。検出器である高速 CMOS イメージセンサーは 2000-5000 fps で測定時間は 1-6 秒間とし、検出条件を変化させて測定感度を調べた。CMOS イメージセンサーの各ピクセルで得られるヘテロダイン時間波形を FFT 解析することにより、2 次元的な振動分布が得られた。測定物体側 PZT の印加電圧振幅を変化させ、振動振幅の変化を測定した。さらに、測定可能最小振動振幅で 2 次元位相分布を検出し測定側及び参照側 PZT 印加信号の位相差と比較した。

3. 実験結果及び検討

CMOS の FPS と測定時間を変化させたときのノイズレベルの変化を図 1 に示す。横軸はフレーム枚数としてまとめた。実験結果より、データ点数の増加によって感度は向上し、フレーム枚数 16000 の時に最小振動振幅 0.45nm を得た。また、最小振幅時の位相計測結果(空間分布の平均値の変化)を図 2 に示す。位相分布の空間的ばらつきは標準偏差で約 13.7° であった。非生物での測定感度はサブナノメートルまで向上し、生きた動物の内耳感覚上皮帯のより精密な広視野振動振幅、位相分布計測が可能であることが示された。

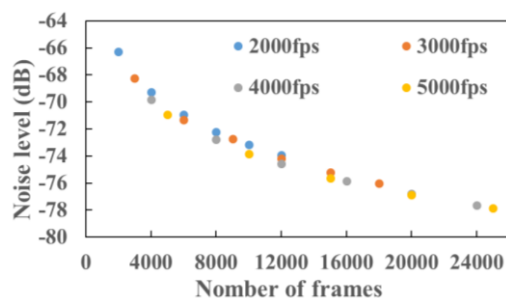


Fig.1 Evaluation of the noise level of the heterodyne FFT signals as a function of the frame number of the improved MS-OCMV. mirror and sample mirror.

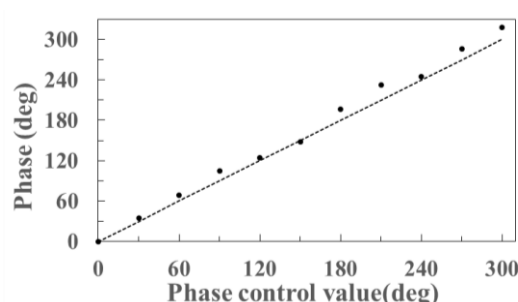


Fig.2 Averaging phase values obtained from 2D distributions of the sample mirror vibrated at minimum detectable amplitude of 0.45 nm.

参考文献

- [1]S. Choi, F. Nin, T. Ota, K. Sato, S. Muramatsu, and H. Hibino, Biomed. Opt. Exp. 10(7), 3317-3342(2019).
- [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. Exp. 8(2), 608-621 (2017).

謝辞 本研究は、AMED-CREST,AMED によって行われた。