

デジタルホログラフィーによる音場計測

Investigation of Sound Wave Measurement by Digital Holography

神戸大¹, 京都工繊大² °井ノ口 弘毅¹, 仁田功一¹, 的場 修¹, 栗辻安浩²Kobe Univ.¹, KIT², °Hiroki Inokuchi¹, Kouichi Nitta¹, Osamu Matoba¹, Yasuhiro Awatsuji²

E-mail: inokuchi@brian.cs.kobe-u.ac.jp, matoba@kobe-u.ac.jp

1. はじめに

近年、計測分野において 3 次元情報を瞬時に記録できるデジタルホログラフィーが注目されている。デジタルホログラフィーとは 3 次元物体からの光波を干渉により記録し、計算機内で逆伝搬計算をすることで 3 次元物体を再構成するという技術である。微粒子速度分布計測や位相情報の定量計測に基づくバイオ応用等が行われている[1]。

本研究では、デジタルホログラフィー技術を用い、不可視情報である音場を観測するシステムを開発した。通常、音はマイクロフォンなどにより計測される。音場観測にはマイクロフォンを密に並べる必要があるが、集積化が難しく計測の解像度が低いことやマイクロフォン自体が障害物となり、計測精度の面で問題点がある。デジタルホログラフィーによる音場の 3 次元計測では、音場領域を通過する光波の位相を計測することで、音場の再現が可能であることから観測音場への影響を少なくすることが可能である。また、遠方の音場を計測することも期待できる。

2. 計測原理

音の伝搬により、空気中の屈折率が時間的に変動する。そこに光を照射すると屈折率変化量により、光の位相が変化する。この位相変化を検出するために、Fig. 1 に示す Off-axis デジタルホログラフィック光学系を採用した。レーザー光の波長は 532 nm、イメージセンサーの画素数 512×512、ピクセルサイズ 16×16 μm 、フレームレートが 2000 fps のものを使用した。これにより 1 kHz 以下の音声が再現できる。

3. 実験

原理確認実験として、音叉(440 Hz)を音源とした音場を計測した。記録したホログラムと再構成像を Fig. 2 に示す。再構成距離は 250 mm である。音声の再生には、再構成像の画像の中心から位相の時間分布を抽出する。位相のアンラップと移動平均の差分、およびハイパスフィルターにより、信号を補正した。その位相時間波形に対するスペクトログラムを Fig. 3 に示す。

440 Hz のところに強いピークが現れており、時間とともに強度が減衰していることがわかる。また日本語の母音を計測し、フォルマント成分を確認することができた。

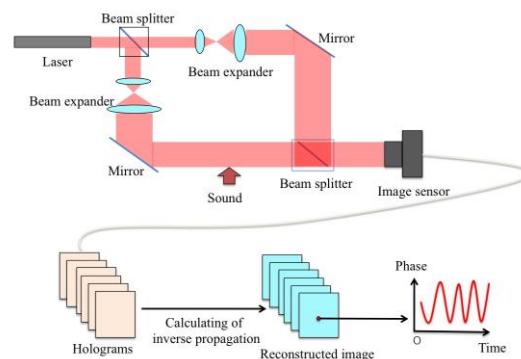


Fig. 1 Optical system for sound wave measurement.

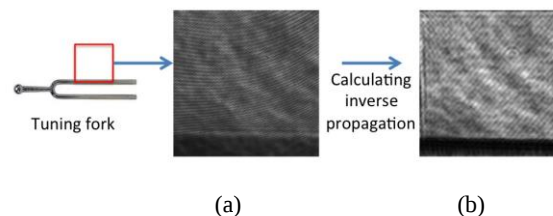


Fig. 2 (a) Hologram and (b) reconstructed image.

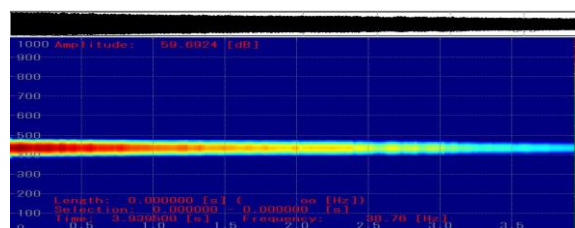


Fig. 3 Spectrogram of the tuning folk.

4. まとめ

3 次元音場の可視化に向けて Off-axis デジタルホログラフィックシステムを開発した。音叉および人の声を計測し、正しく再生できることを検証した。

5. 参考文献

[1] B. Kemper and G. Bally, Appl. Opt. **47**, A52 (2008).