

モード抽出光周波数コムを用いたフルカスケードリンク型 マルチ合成波長デジタル・ホログラフィーによる表面形状測定法

Full-Cascade-Linked Multi-Synthetic-Wavelength Digital Holography

Using Mode-Extracted Optical Frequency Comb

(M2) 貞廣 知輝¹, 時実 悠², 長谷栄治², 南川 丈夫², 諸橋 功³, ○安井 武史²

徳島大院創成科学¹, 徳島大² スト LED フォニクス研究所 (pLED)², 情報通信研究機構 (NICT)³

Grad. Sch. Sci. Tech. Innov., Tokushima Univ.¹, pLED, Tokushima Univ.², NICT³

Kazuki Sadahiro¹, Yu Tokizane², Eiji Hase², Takeo Minamikawa², Isao Morohashi³, ○Takeshi Yasui²

E-mail: yasui.takeshi@tokushima-u.ac.jp <http://femto.me.tokushima-u.ac.jp>

物体の3次元形状測定は、工業計測を始めとした様々な分野で重要である。デジタル・ホログラフィー(DH) [1]は、波面伝搬計算により算出された位相イメージを利用することで、サブ波長オーダーの形状測定が可能であるが、位相折返しに伴う不確実性があった。2〜3種類の波長の光を用いる合成波長 DH (SW-DH) [2]は、MAR を向上させ、ステップ段差面の計測を可能にするが、MAR は数十 μm の範囲に限定される。カスケードリンク型 SW-DH (MCL-SW-DH) [3]は、10GHz 間隔の電気光学変調器 OFC (EOM-OFC) から波長の異なる5つの OFC モードを順次抽出し、1つの光波長と次数の異なる5つの合成波長を精密に合成し、それらをシームレスにつなぐことで、MAR をミリメートルにまで拡張することができる。しかし、最小限の合成波長数(=4)と単一光波長を用いたカスケードリンクは、粗いステップの広域カスケードリンクのため位相ノイズに弱く、位相折返し数の決定に誤差を生じることがあった。位相雑音に対する耐性を高めるには、カスケードリンクの数をさらに増やす必要がある。今回、EOM-OFC で利用可能な OFC モード 300 本を用いて生成された 299 種の合成波長を用いた、フルカスケードリンク型マルチ SW-DH (FCL-SW-DH) を報告する。

電気光学変調器光コム(モード間隔=10 GHz、スペクトル範囲=1528 nm~1566 nm=191.4 THz~196.1 THz)と波長可変バンドパスフィルター(可変間隔=0.08 nm=10 GHz)を用いて、連続モード抽出 10GHz 光コムを構成した。これを光源とし、マイケルソン干渉計配置を用いて、位相イメージを取得した。サンプルには、4種のブロックゲージ(厚さ=1 mm, 1.1 mm, 2 mm, 8 mm)で構成された段差サンプル(段差= 8.0000 $\pm$ 0.00014 mm, 2.0000 $\pm$ 0.00014 mm, 1.100 $\pm$ 0.00014 mm, 1.0000 $\pm$ 0.00014 mm)を用いた。EOM-OFC からモード間隔毎に 300 個の OFC モードを順次抽出し、99.4 μm から 29.7mm の範囲の 299 種の合成波長を生成し、合成波長と光波長を微細なステップで広範囲にカスケード接続することで絶対位相イメージを取得した。絶対位相イメージから算出した3次元形状イメージを図2に示すが、深さ不確かさが 6.1nm、空間不均一性が 56nm であった。大きな MAR と良好な深さ分解能を両立し、位相ノイズに対する耐性を向上させることができた。

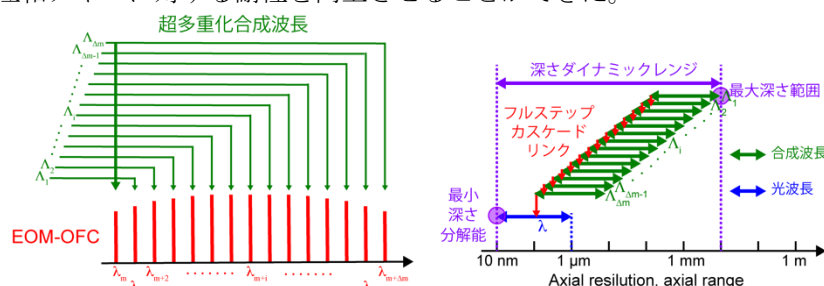


図1 測定原理

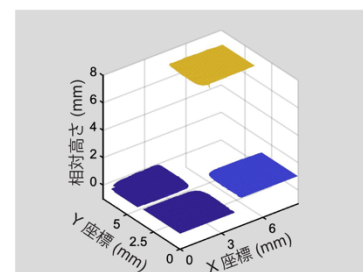


図2 測定結果

[1] S. Ulf *et al.*, *Digital holography* (Springer Berlin Heidelberg, 2005).

[2] J. Gass, *et al.*, *Opt. Lett.* **28**, 1141–1143 (2003). [3] E. Hase, *et al.* *Opt. Express* **29**, 15772–15785 (2021).