

位相シフト THz デジタルホログラフィを用いた外力印加中の 不透明物体の透過位相イメージング

Transmission phase imaging of optically opaque object with external force using
phase-shifting THz digital holography

徳島大 PLED フォトニクス研¹, 宇都宮大²

○(P) 山際将具¹, 南川丈夫¹, 山本裕紹², 安井武史¹

Inst. of Post-LED photonics, Tokushima Univ.¹, Utsunomiya Univ.²

○M. Yamagiwa¹, T. Minamikawa¹, H. Yamamoto², and T. Yasui¹

E-mail: yamagiwa.masatomo@tokushima-u.ac.jp <https://femto.me.tokushima-u.ac.jp>

デジタルホログラフィ(DH)[1]は、物体からの光と参照光の干渉画像を撮像素子で記録し、干渉画像を用いてコンピュータ内で波面伝搬計算を行うことで、物体の振幅と位相を再生する手法である。多くの DH では可視光が用いられているが、不透明物体の場合、内部構造を可視化するのは困難である。この問題を解決する方法として、不透明物体を透過するテラヘルツ(THz)波を用いた、THz デジタルホログラフィ (THz-DH) が提案されている[2,3]。従来の THz-DH では Gabor 型や off-axis 型が採用されてきたが、不要な 0 次像・共役像の重畳や、フーリエフィルタリングによる空間周波数低下により、再生像の画質が劣化するという問題があった。この問題を解決する方法として、我々は位相シフト法[4]を用いた THz-DH に関する研究を行っている。本手法は 0 次像や共役像を完全に除去することができ、またフーリエフィルタリングを行わないため、上記の問題を解決できる。前回の報告では、提案法の有用性を確認するために、不透明物体の透過振幅/位相イメージングを行った[5]。本研究では、さらに位相イメージングに着目して、不透明物体に外力を印加した場合の位相変化イメージングを試みた。外力印加に伴う位相変化分布をイメージングすることができれば、非接触で不透明物体の微小な変形や内部応力分布を可視化することができる。

図 1 に実験光学系を示す。光源には連続発振 THz 量子カスケードレーザ(3THz, 1.78mW)を用いた。THz ビームは放物面ミラーでコリメートされた後、マッハツェンダ干渉計に入射された。リトロリフレクタをステップモータで移動させ、4 段階の位相シフト ($0, \pi/2, \pi, 3\pi/2$ rad) を行い、それぞれの干渉画像を THz カメラで取得した。THz カメラにはマイクロボロメータアレイ (320×240 pixels, pixel pitch $23.5\mu\text{m}$)を使用した。干渉画像の背景ノイズを低減するために、光チョップを用いて干渉有り/無し差分イメージングを行った。実験ではサンプルとして $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 10\text{mm}$ のポリエチレンを用い、外力とし

てサンプル固定具上部を 3mm 押して圧縮荷重をかけた。図 2 に位相変化イメージング結果を示す。図 2(a), 2(b)はそれぞれ外力なしと外力ありでの位相変化分布を示す。2つを比較すると、外力ありの方が位相変化が大きくなっていることがわかる。また、図中の赤枠、青枠で示された ROI 領域で平均位相差を計算すると、外力なしでは平均位相差が -0.05rad であったのに対し、外力ありでは 0.12rad であり、外力印加により倍以上の位相変化が生じたことがわかった。実験の結果、外力に伴う位相変化をイメージングでき、提案手法による不透明物体の非接触微小変形・内部応力分布計測の可能性を示すことができた。

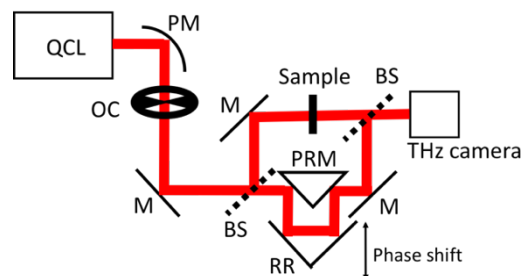


Fig. 1 Experimental setup. QCL: quantum cascade laser, PM: parabolic mirror, OC: optical chopper, M: mirror, BS: beam splitter, PRM: prism mirror, RR: retro reflector.

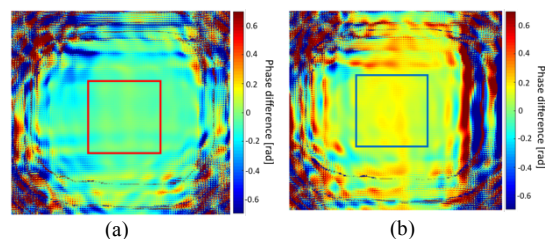


Fig. 2 Experimental result. (a) Phase difference image without external force, (b) Phase difference image with external force. The areas surrounded in red and blue square lines show ROI areas. The size of ROI area is $4.7\text{mm} \times 4.7\text{mm}$.

- [1] M. K. Kim, SPIE Rev., **1**, art. 018005, Jan. 2010.
- [2] Q. Li *et al*, Appl. Opt., **51**, pp. 7052-7058, (2012).
- [3] M. Yamagiwa *et al*, ICO-24, Th1F-03, (2017).
- [4] I. Yamaguchi and T. Zhang, Opt. Lett., **22**, pp. 1268-1270 (1997).
- [5] 山際他, 応物 2018 秋季講演会, 21a-212A-3.