

デジタルホログラフィにおけるフレネル領域フィルタリング法に適した物体光条件 Study on Fresnel Zone Filtering Method in Digital Holography

○ 井邊 真俊¹, 野村 孝徳¹, Thomas J. Naughton²

(1. 和歌山大院システム工, 2. アイルランド国立大メイヌース校)

○ Masatoshi Imbe¹, Takanori Nomura¹, and Thomas J. Naughton² (1.Wakayama Univ., 2.NUIM)

E-mail: s112004@sys.wakayama-u.ac.jp

デジタルホログラフィにおいて、0次回折像と共役像は再生像の画質を悪化させる要因である。この除去のためにフレネル領域フィルタリング法¹⁾をこれまで提案してきた。この手法は参照光の変調を必要とせず、on-axis 光学系により記録した単一のホログラムのみを用いて実現できる。しかし、この手法により取得可能な物体光の条件はこれまで検証されてこなかった。そこで、撮影物体の大きさについて計算機シミュレーションにより検証した。

フレネル領域フィルタリング法では、物体光は粗面からの反射光または透過光とし、参照光は撮像素子面に対して垂直入射する平面波とする。これらの干渉によるホログラムに含まれる0次回折像成分と共役像成分のうち、まず、0次回折像成分をハイパスフィルタリングにより除去する²⁾。その後、共役像成分を共役面においてマスク処理を施すことにより除去する。撮影物体の配置した領域を物体面とし、物体面とは逆方向における領域を共役面とすると、フレネル回折積分³⁾は

1. ホログラムにおける再生像成分と共役像成分は物体面においてそれぞれ合焦および拡散する。
2. ホログラムにおける再生像成分と共役像成分は共役面においてそれぞれ拡散および合焦する。

という性質をもつ。したがって、共役面における合焦した像をマスク処理により除去し、残る拡散した像を共役面から物体面まで伝搬させることにより、物体面における合焦した像、すなわち、再生像のみを取得する。

上述の0次回折像成分および共役像成分のどちらの除去においても、再生像成分の情報の一部も除去される。しかし、物体光は粗面からの光波であり、実空間領域および空間周波数領域において局在せずに広がりをもつ。したがって、一部を除去しても最終的に再生像として取得することが可能である。ただし、その大きさにも制限があると考えられる。この除去領域、すなわち、撮影物体の大きさについて計算機シミュレーションにより検証した。

計算機シミュレーションでは、光源の波長は632.8 nm、撮像素子の画素数および画素サイズを1280×1280画素および4.65 μm×4.65 μm、伝搬距離を300 mmとした。これらは固定し、撮影物体の大きさのみを変化させた。すなわち、この計算機シミュレーションでは、物体面および共役面のサンプリング間隔は不変であり、全画素数に対する撮影物体の占める画素数が異なる。粗面を表現するために、撮影物体の位相分布は $[-\pi, \pi]$ の様なランダム分布とし、光波伝搬計算にはフーリエ変換を一度のみ使

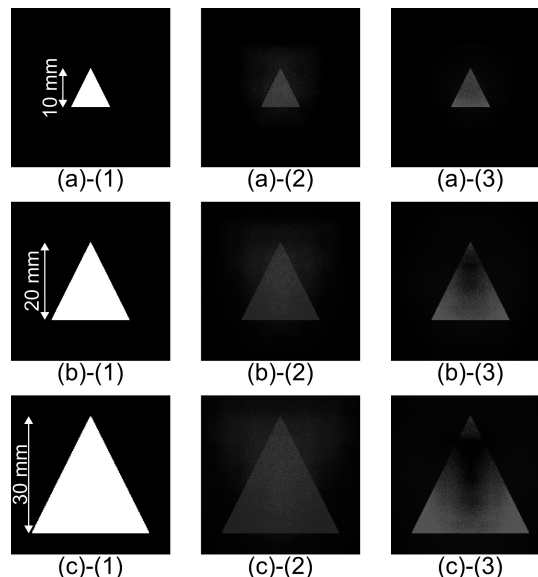


Fig. 1 Numerical simulation results: (1) used objects, (2) results with zeroth-order term removal, and (3) results with zeroth-order and twin terms removal. The object heights are (a) 10 mm, (b) 20 mm, and (c) 30 mm, respectively.

用するフレネル回折積分³⁾を用いた。

計算機シミュレーション結果を Fig. 1 に示す。(a), (b), (c) はそれぞれ撮影物体の大きさが 10 mm, 20 mm, 30 mm の場合であり、(1), (2), (3) はそれぞれ計算機シミュレーションに使用した撮影物体、ハイパスフィルタリングによる0次回折像成分除去処理のみを適用した結果、フレネル領域フィルタリング法による0次回折像成分および共役像成分の除去処理を適用した結果である。(2) よりも (3) の方が再生像は高画質であり、フレネル領域フィルタリング法による共役像成分の除去の効果を示しているといえる。ただし、再生像が大きくなるに伴い、中央部が劣化していることがわかる。これは、再生像を大きくした結果、共役面におけるマスク処理により中央部の情報のすべてを除去したためと考えられる。以上から、フレネル領域フィルタリング法により取得可能な撮影物体の大きさには制限があると考えられる。

フレネル領域フィルタリング法における撮影物体の大きさを計算機シミュレーションにより検証した。その結果から、取得可能な撮影物体の大きさには制限があると考えられる。

文献

- 1) M. Imbe, D. Neylon, T. Pitkäaho, T. Nomura, and T. J. Naughton, *Photonics Ireland 2013* (2013), IMP6.
- 2) T. M. Kreis and W. P. O. Jüptner, *Opt. Eng.* **36**, 2357 (1997).
- 3) T. M. Kreis, *Handbook of Holographic Interferometry* (Wiley-VCH, 2005), pp. 93–97.