

デジタル合成ホログラム描画用プリンタの高解像度化

A new High-Resolution Printer for Fabricating Digitally Synthetic Holograms

山中 俊介 栗林 祐宇真 山子 佳久 宮内 宏之 松島 恭治
 Syunsuke Yamanaka Yuma Kuribayashi Yoshihisa Yamane Hiroyuki Miyauchi Kyoji Matsushima

関西大学 工学部 電気工学科
 Department of Electrical Engineering, Kansai University

1. はじめに

デジタル合成ホログラムは計算機合成ホログラムとも呼ばれ、物体モデル情報から物体光を数値合成し、ホログラムとして立体画像を作成するものである。そのため、実在しない物体のホログラムを合成できるという利点がある反面、数値合成に要する計算量が莫大であり、高解像度の印刷・表示デバイスを必要とするという問題点がある。

我々はホログラム乾板上に解像度約 12,700dpi でマルチレベルの濃度階調を持つ干渉縞を描画できるホログラムプリンタをすでに報告している[1]。しかし、このプリンタではフォーカス制御を行っていない問題点があったり、対物レンズの開口数 N.A. の増加による解像度の向上と描画線の安定性の向上が困難であった[2]。これらを解決した改良型プリンタについて報告する。

2. デジタル合成ホログラムプリンタの原理

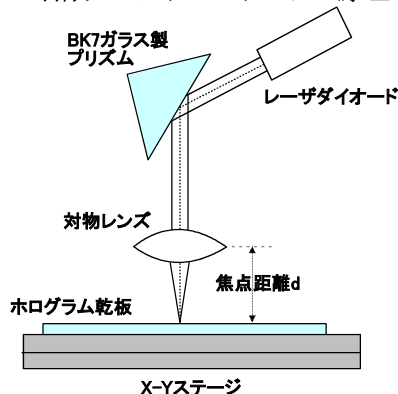


図1. デジタル合成ホログラムプリンタの原理

本プリンタの原理を図1に示す。本プリンタはレーザーダイオードの出力光をプリズムの表面反射によって減衰させ、対物レンズでX-Yステージ上のホログラム乾板表面に集光してドットを描画する。しかし、対物レンズとホログラム乾板表面との距離を描画中に変位する機構が無く、乾板の厚さのむらやステージの傾き、乾板とステージ面の間に入る埃などの影響で焦点位置が乾板表面から外れるという問題点があった。またそのため、これ以上N.A.を増加して高精細化することが困難であった。

3. フォーカス制御

図2に示すフォーカス制御光学系は対物レンズとピエゾポジションナ、モータステージ、差動トランス式変位センサから構成される。本研究で用いるホログラム乾板は感光性があるため光ディスクで用いられる光学式の変位検出ができない。そのため分解能 $0.2\mu\text{m}$ の差動トランス式の接触型変位センサを用い、乾板表面に接触子を接触させて変位を検出する。対物レンズはピエゾポジションナにより分解能約 10nm で最大 $100\mu\text{m}$ の変位が可能であり、フォーカス制御光学系全体がモータステージにより上下動可能な構造となっている。

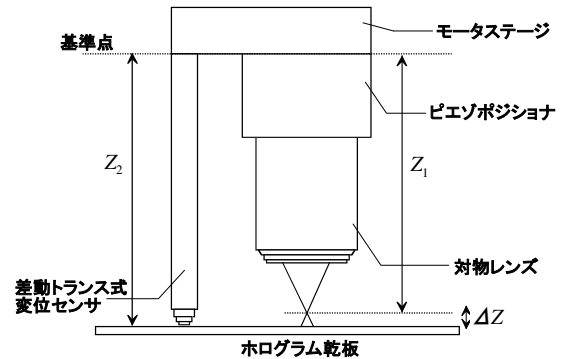


図2. フォーカス制御光学系

フォーカス制御ではまず変位センサで基準点から乾板表面までの距離 Z_2 を測定し、基準点から焦点までの距離 Z_1 との差 ΔZ がゼロとなる様にピエゾポジションナを制御する。このフォーカス制御により、対物レンズの焦点深度の減少が可能となるので、対物レンズのN.A.を従来の0.4から0.55に変更し、解像度を向上できる。

4. 実験結果



図3. 描画ドットの顕微鏡写真

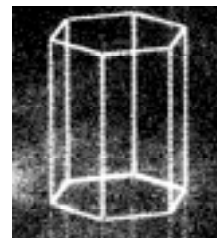


図4. バイナリホログラムの再生像

改良型プリンタの描画ドットを図3に示す。この結果から最小ドット径は水平方向約 $1.5\mu\text{m}$ 、垂直方向約 $3\mu\text{m}$ 以下であり、解像度が約 $17,000\text{dpi}$ に向上したことがわかる。さらにフォーカス制御によって広い範囲にわたって最小ドット径を安定して維持することが可能となり、鮮明なテストパターンの描画、及び図4に示すようなホログラムの描画・再生を確認することができた。

本研究は日本学術振興会の科研費(15300025)の助成を得た。

参考文献

- [1] 松島, 上甲: 映情学誌, 56, 1989(2002).
 [2] 山中, 宮内, 松島: 平成15年関西連大, G330, (2003).