

光源多重方式時分割電子ホログラフィによる 水平視域角の拡大

Expansion of Horizontal Viewing-Angle by Source -Multiplexing Time-Division Electro-Holography

○松田篤史, 寺口功, 松島恭治

○Atsushi Matsuda, Isao Teraguchi and Kyoji Matsushima

関西大学システム理工学部電気電子情報工学科

Department of Electrical and Electronic Engineering, Kansai University

E-mail: matsuda@laser.ee.kansai-u.ac.jp

A novel technique for expanding the horizontal viewing-angle is proposed in electro-holography. In this technique, the horizontal display resolution is expanded only by switching multiple light sources without moving parts. This expansion of the display resolution leads to reduction of the horizontal pixel density by using $4f$ setup. As a result, expansion of the horizontal viewing-angle is achieved without moving parts, conjugate images and non-diffractive 0-th order light. This technique also can be applied to converting high pixel rate of high-frame-rate devices into large pixel dimensions.

1. はじめに

電子ホログラフィでは通常、空間光変調器(SLM)にホログラムを表示して光波を変調し像を再生する。高品質なホログラム表示を行うには、 $1\mu\text{m}$ オーダーのピクセルピッチを有する SLM が必要だが、これは現時点では実現が困難である。従って、より現実的な電子ホログラフィの問題として水平方向視域角が小さいため、両眼で観察することが困難なことが挙げられる。そのため、SLM で視域拡大を実現する手法が多く報告されている。本研究では、1台の位相型 SLM を4個のファイバ光源で時分割照明し、 $4f$ 光学系のフーリエ面において像を多重化して水平方向高解像度化を行い、像面において水平方向分解能の高密度化を行った。これにより、ガルバノミラーのような可動部品を用いずに水平方向視域角を4倍に拡大する手法を試みた。

2. 光源多重方式時分割電子ホログラフィの水平方向視域角拡大の原理

光源多重方式時分割電子ホログラフィの光学系の構成を Fig.1 に示す。この光学系では光源として複数のファイバ光源を用いており、水平方向に間隔 Δx_i で並べた光源から出射する球面波を焦点距離 f_c のコリメータレンズで平行光にし、SLM を照明する。発光する光源の位置により異なった傾きの平行光が SLM に入射するため、変調光波のキャリア周波数が変化し、フーリエ面に生じるフーリエ変換像の位置がシフトする。この時、各光源によるフーリエ変換像の幅 w は、

$$w = \lambda f / p \quad (1)$$

で求められる。また、間隔 w でフーリエ面上に隙間なく像を敷き詰めるための光源間隔 Δx_i は、

$$\Delta x_i = \lambda f_c / p \quad (2)$$

で与えられる¹⁾。ここで、 p は SLM のピクセルピッチであり、 f はフーリエレンズの焦点距離である。この手法では K 個の光源を用いた場合、フーリエ面における水平方向解像度は疑似的に K 倍に拡大される。このフーリエ変換像をフーリエレンズ2でフーリエ変換することにより、水平方向像面ピッチを $1/K$ 倍に縮小し、再生像の水平方向視域角を K 倍に拡大することが可能となる。

3. ホログラムの計算

Fig.2 にホログラムの計算に用いた物体モデルを示す。水平方向視域角を4倍に拡大する場合は、Fig.3 に示すように物体光波の水平方向サンプリングピッチを垂直方向の $1/4$ 倍、サンプリング数を4倍にして計算する。本研究では、物体光波計算には

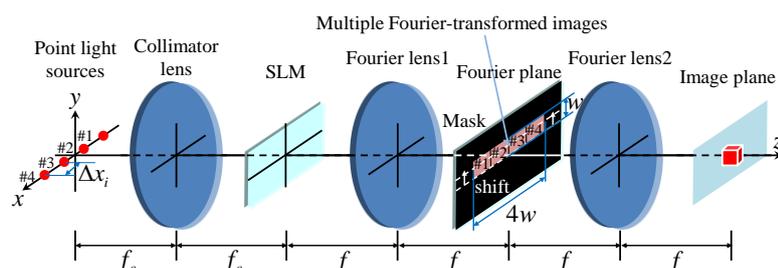


Fig.1 Setup for source-multiplexing time-division electro-holography ($K = 4$).

ポリゴン法を用い、8K2K サイズの光波を計算している。得られた物体光波を逆フーリエ変換すると物体光波全体のフーリエ変換像が得られるので、これを4セグメントに分割し、各セグメントを逆フーリエ変換する。さらに、式(1)よりフーリエ面での像サイズは $4w \times w$ となるのでこの大きさの開口を用いて非回折光を遮蔽する。また、非回折光を分離するため、キャリア信号で変調することにより各フーリエ変換像の周期の半分だけ上方に再生像のシフト²⁾を行った。

4. 水平方向視域拡大した光学再生像

本研究で用いた光学系を Fig.4 に示す。ファイバ光源は、波長 637[nm]の偏波保持ファイバカップリング半導体レーザーである。式(2)より光源間隔 $\Delta x_i = 11.9$ [mm]で配置した4個のファイバ光源の出力を焦点距離 $f_c = 150$ [mm]のコリメータレンズで平行光とし、焦点距離 $f = 200$ [mm]のレンズで $4f$ 光学系を構成した。SLM には、ピクセルピッチ $p = 8$ [μm]で解像度 1920×1080 、フレームレート 60[Hz]の HOLOEYE 社製 PLUTO を用いた。時分割再生を行うために SLM と光源を同期して 60[Hz]で切り替えて制御を行う必要がある。そのため、MS Windows の DirectX を用いてグラフィックボードを直接制御し、SLM への映像信号出力と同時に垂直同期信号を取得し、それを主タイミング信号としてファイバ光源の点滅を制御した。再生結果を Fig.5 に示す。再生像の水平方向視域角は実測で約 18° であった。

5. まとめ

光源多重方式時分割電子ホログラフィによって取得した光学再生像の水平方向視域角が、従来の再生方法と比較して約4倍に拡大したことを確認した。

本研究は日本学術振興会の科研費(21500114)の助成を受けたものである。The mesh data of The Venus object is provided courtesy of INRIA by the AIM@SHAPE Shape Repository.

参考文献

- 1) 松田篤史, 寺口功, 松島恭治: “光源多重方式時分割電子ホログラフィ”, 3D コンファレンス 2011 講演論文集, 114-117(2011).
- 2) 松田篤史, 細川俊彰, 松島恭治: “キノフォームタイプ電子ホログラフィにおけるキャリア信号の導入と sinc 補正”, 3D コンファレンス 2010 講演論文集, 129-132(2010).

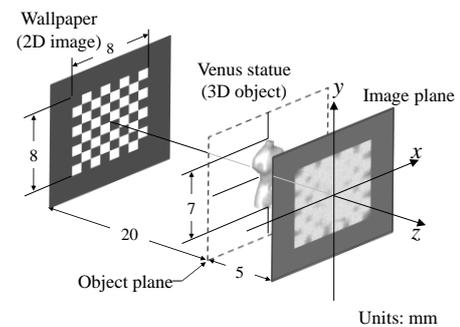


Fig.2 The 3D scene used in optical reconstruction.

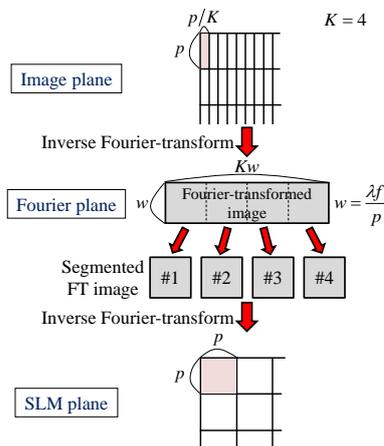


Fig.3 Procedure for generating CGH fringes displayed in SLM.

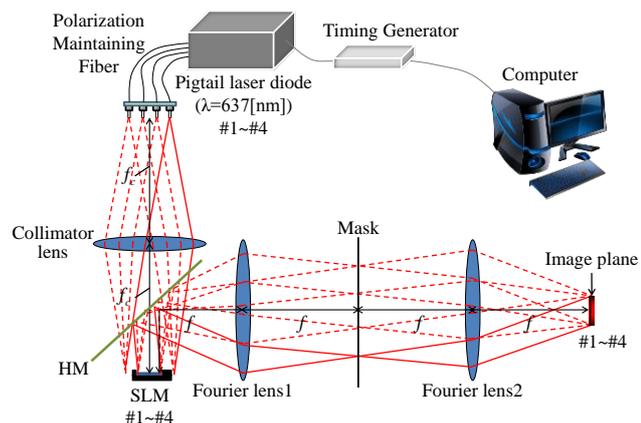


Fig.4 Experimental setup for source-multiplexing time-division electro-holography.

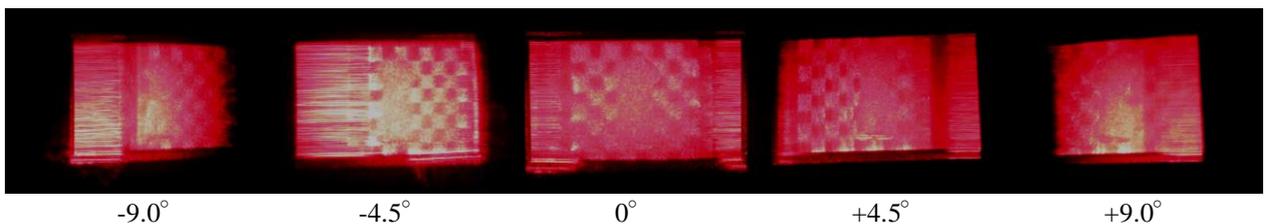


Fig.5 Optical reconstruction expanded by employing source-multiplexing time-division.