

# フルカラーデジタイズドホログラフィによる CG モデルと 実在物のハイブリッドシーンの再生

## Reconstruction of Hybrid Scenes of CG-model and Physical Objects by Full-Color Digitized Holography

○園部徳晃, 土山泰裕, 松島恭治

○Noriaki Sonobe, Yasuhiro Tsuchiyama, 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: sonobe@laser.ee.kansai-u.ac.jp

Recently, full-color reconstruction of high-definition CGHs has been reported for virtual objects. Capturing the wave field of physical objects with three wavelengths is also attempted by digital holography for its optical reconstruction in full-color. This technique is called full-color digitized holography. However, a 3D scene including only the physical objects was reconstructed so far. In this paper, we report full-color reconstruction of a hybrid scene including both virtual and physical objects.

### 1. はじめに

近年, 単色での再生に限られていた高解像度計算機合成ホログラム(以下, CGH)を, ダイクロイックミラー方式[1]やカラーフィルタ方式[2]によってフルカラー再生させることに成功している. また, 2次元画像やCGモデルの仮想物体だけではなく, デジタルホログラフィ(以下, DH)によって記録した実在物体の光波を高解像度CGHとして3次元的に再生することも可能である. この技術をデジタイズドホログラフィと呼んでいる[3]. そこで, これらの技術を統合し, 3つの波長を用いて物体光波を記録し, カラーフィルタ方式によってフルカラー再生するカラーデジタイズドホログラフィを試みている[4].

しかしながら, これまでの試みでは実在物体のみで構成された3Dシーンを再生しており, デジタイズドホログラフィの特長である実在物体とCGモデルの仮想物体が混在したシーンの再生は行っていない. そこで, 本研究では実在物体と仮想物体が混在したシーンを作成し, フルカラー再生を試みた.

### 2. カラー物体光波の記録方法

物体光波をCGHによってフルカラー再生させるためには, 大面積かつ高密度の物体光波を3波長分記録する必要がある. そこで, 本研究では3つの波長を用いたレンズレスフーリエ型合成開口DH[5]によって物体光波を記録した. Fig.1 に用いた実験光学系を示す. この実験ではミラーM6に取り付けたピエゾ素子を用いて位相シフトを行っており, 共役像と非回折光を除去している. しかし, 解像度が高いモノクロイメージセンサーを用いているため, 記録時はシャッターを用いて波長ごとに物体光波の記録をおこなった. イメージセンサは精密ステージに取り付けており, 合成開口法によって大面積の光波を取得している. この時, ステージの移動量にはセンサピッチ以上の誤差が発生するため, 隣り合った複素振幅像の相関関数を求めて正確に干渉縞を繋ぎ合わせている.

Table 1 のパラメータで記録した光波を逆フーリエ変換して求まる振幅像を Fig.2 に示す. これから分かるように, 波長ごとに記録範囲が異なる. これは, この記録方法ではサンプリング間隔が波長に依存しており, かつ全ての波長でサンプリング数が同一のためである. しかし, CGHを作成するためには同じサンプリング間隔でなければならぬため, ここでは  $1\mu\text{m}$  となるようにバイキュービック法によって補間している.

Table 1 Parameters used for capturing object fields.

Wavelength [nm]	488, 532, 633
Number of samplings used for numerical calculation	$32,768 \times 32,768$
Number of sensor pixels	$3,000 \times 2,208$
Sensor pitches [ $\mu\text{m}$ ]	$3.5 \times 3.5$
Number of segments	$12 \times 16$
Distance between reference point source and sensor [mm]	250

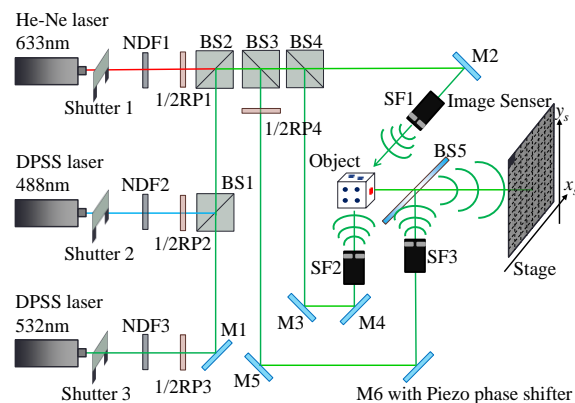


Fig.1 Experimental setup for capturing large-scaled wave-fields by using lensless-Fourier synthetic aperture DH.

### 3. 仮想物体と実在物体が混在したシーンの作成

Fig.3 に作成した 3D シーンを示す. 背景の壁紙は 2 次元画像, 2 つのイスとテーブルはポリゴンモデルの仮想物体であり, テーブル上部に配置したポットとカップは DH によって記録した実在物体である.

背景は, 画像の位相を乱数化して形成し, イスとテーブルの光波はポリゴン法で発生し, スイッチバック法によって隠面消去を行っている[6]. これらの光波に, 実在物体のシルエットマスクを乗算し, Fig.2 に示した実在物体光波を加算した. この時, 実在物体光波の光強度レベルを合わせるため, 仮想物体光波を減衰している. この合成光波をホログラム面まで伝搬して参照光と数値的に干渉し, レーザーリソグラフィで作製できるように 2 値の振幅干渉縞パターンを生成した. これを 3 波長全てでおこない, 3 波長分の干渉縞パターンを生成している.

生成した干渉縞からダイクロミックミラーによる再生を想定したシミュレーション再生を行った. 用いたパラメータを Table 2 に示し, 異なった視点から CGH を観察した際のシミュレーション再生像を Fig.4 に示す.

### 4. まとめ

光の三原色に相当する3つの波長を用いて記録した大面積・高密度の物体光波と CG モデルの仮想物体が混在したハイブリッドフルカラーCGH の干渉縞パターンを求めた. また, ダイクロミックミラーを想定したシミュレーションによってフルカラー再生像が得られることを確認した. 実際の CGH はカラーフィルタを用いて作製する予定である.

### 5. 謝辞

本研究は, JSPS 科研費 15K00512, および文部科学省私立大学戦略基盤研究形成支援事業(平成 25 年~平成 29 年)の助成を受けたものである.

### 6. 参考文献

- [1] T. Miyaoka, K. Matsushima, S. Nakahara: SPIE Proc. **9386**, 93860N (2015).
- [2] 土山, 松島, 中原, 坂本: 3 次元画像コンファレンス 2016, 2-1(2016).
- [3] K. Matsushima, Y. Arima, and S. Nakahara, Appl. Opt. **50**, H278-H284 (2011).
- [4] 園部, 土山, 松島: 3 次元画像コンファレンス 2016, 2-2(2016).
- [5] T. Nakatsuji and K. Matsushima: Appl. Opt. **47**, D136-D143 (2008).
- [6] K. Matsushima, M. Nakamura, S. Nakahara : Opt. Express **22**, 24450-24465(2014).

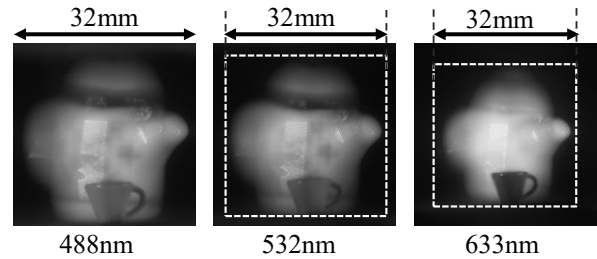


Fig.2 Captured object fields with three wavelengths

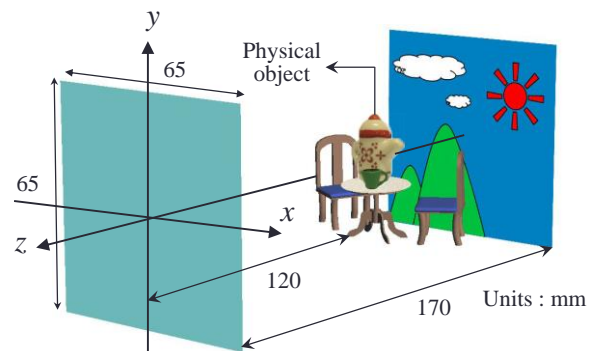
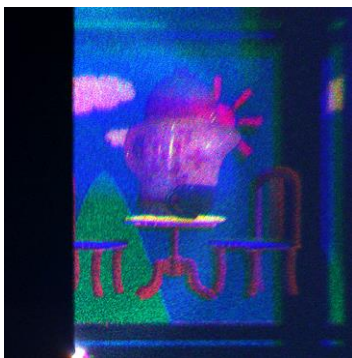


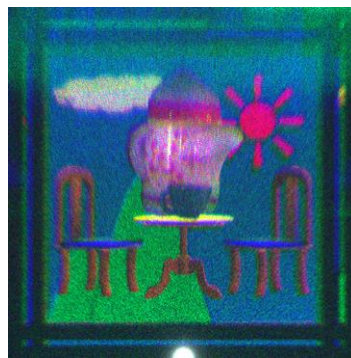
Fig.3 3D scene of the full-color CGH.

Table 2 Parameters used for creating the full-color CGH

Number of pixels	65,536 × 65,536
Pixel pitches [μm]	1.0 × 1.0
Size of a CGH [mm]	65.5 × 65.5
Wavelength [nm]	488, 532, 633



(a)Left



(b)Center



(c)Right

Fig.4 Full-color simulated reconstruction of the captured fields using dichroic mirrors.