

多視点画像を 3D シーン内に埋め込んだ 超高解像度 CGH の作成

Creation of High-Definition Computer-Generated Holograms Arranged Multiple-Viewpoint Images in 3D Scenes

吉崎裕¹

松島恭治¹

中原住雄²

Yutaka Yoshizaki¹

Kyoji Matsushima¹

Sumio Nakahara²

¹ 関西大学 システム理工学部 電気電子情報工学科

¹Department of Electrical and Electronic Engineering, Kansai University

² 関西大学 システム理工学部 機械工学科

²Department of Mechanical Engineering, Kansai University

ABSTRACT

A new technique using multiple-viewpoint images of a landscape is proposed for producing extremely high-definition computer-generated holograms. In this technique, the multiple-viewpoint images are used as background in the 3D scene of the high-definition CGH. The wave-field of the multi-viewpoint image is calculated by a numerical method based on conventional holographic stereogram. Obviously, this technique has advantages that any darkroom is unnecessary and large objects in the open air can be mixed with CG-model virtual objects in the 3D scene. This is impossible in digitized holography that captures object fields using image sensors in the darkroom. A high-definition CGH calculated as an experiment is presented for verifying the validity of the proposed technique.

Keywords: 計算機合成ホログラム, 多視点画像, ホログラフィックステレオグラム

1. はじめに

近年のアルゴリズム, コンピュータ, 微細加工技術の発展により, 計算機上でホログラムの干渉縞を数値合成する計算機合成ホログラム(CGH)が大型化, 高解像度化し, 深い奥行き感のある高質な立体像が再生できるようになってきている[1-3]. ただし, この様な高解像度 CGH で再生されるのは従来, CG などの数値モデルによる仮想の物体のみであり, 実在する物体を含む 3D シーンを再生することはできなかった.

そこで, 実在物体を CGH で再生する方法として, 合成開口デジタルホログラフィ(DH)を用いて実在物体光波をデジタル記録/再生するデジタルホログラフィが提案されている[4]. しかしこの技術では, 古典的ホログラフィと同様に暗室が必要であり, 現在のところ 5cm 程度のサイズの物体しか記録できない. そのため, より大きな物体や屋外の風景を 3D シーン内に挿入するためには,

その写真を 2次元オブジェクトとしてシーン内に配置するしかなかった. しかし, 当然ながら 2次元画像に視差はないため, 奥行き感が全く得られない.

そこで本研究では, 屋外の風景を撮影した多視点画像を 3D シーンの背景として用いることを目的とし, 多視点画像から生成した光波を仮想物体や実在物体の光波と共にデジタル編集して超高解像度 CGH を作成する手法を提案する.

また, 提案する手法を用いて実際に多視点画像とポリゴンメッシュ仮想物体を埋め込んだ超高解像度 CGH を作成し, その再生像を示す.

2. 風景の多視点画像の撮影

本研究では, 屋外において一眼レフデジタルカメラを一定間隔で水平方向に移動して撮影を繰り返すことにより, 風景の多視点画像を撮影した. 従って, 視差は水平方向にのみ得られる. 撮影時には, 撮影対象の特定の位置を基準点とし, Fig.1 に示すように, できる限りその基準点が撮影画像の中心に来るようにカメラの角度を調整しながら, 20 cm の間隔で直線的に移動させ, 15 枚の風景写真を撮影した. このとき, 基準点からカ

吉崎裕

yoshizaki@laser.ee.kansai-u.ac.jp

関西大学システム理工学部電気電子情報工学科

〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35

TEL 06-6368-1121(内線 5722)

メラ移動軸までの距離を 15 m としている。

また、撮影時にはカメラの三脚を持ち上げて移動しており、カメラ設置位置も平坦でないことから、基準点のずれと撮影画像のローリングが生じる、そのため、撮影後に画像ソフトを用いて手作業で補正を行っている。撮影した風景写真の1枚を Fig.2 に示す。

3. 多視点画像と仮想物体による CGH の計算手法

多視点画像からホログラムを構成する手法としては非常に多くの手法が報告されているが[5], 本研究ではもっとも基本的なホログラフィックステレオグラムの作成方法をそのまま計算機上で数値的にシミュレートする手法を用いた。

まず、Fig.3 に示すように、各画像を仮想 3D シーン内でサイズ $W_x \times W_y$ の 2次元物体として扱うため、その画素数が

$$N_x = W_x / \Delta_x, N_y = W_y / \Delta_y, \quad (1)$$

となるようにオーバーサンプリングを行った。ここで、サンプリング間隔 Δ_x, Δ_y はこの 2次元物体の光波が概ね視点に到達するために必要な最大回折角から定める。画像 n に対応する 2次元物体

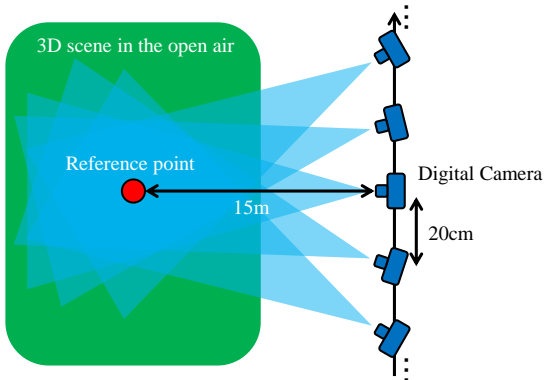


Fig.1 Geometry for recording the multiple view point images in the open air.

の光波複素振幅分布を物体面上で

$$u_n(x, y, z_{MVI}) = \sqrt{I_n(x, y)} \exp[i\phi(x, y)] \quad (2)$$

とした。ここで、 $I_n(x, y)$ は画像の明度分布、 $\phi(x, y)$ は 2次元物体に拡散性を持たせるための散乱性位相であり、 z_{MVI} は 2次元物体の奥行き位置である。

次に、この 2次元物体からの伝搬光波を、その画像を撮影した位置と対応する視点面上の位置に配置した矩形窓上で求める。すなわち、

$$v_n(x, y, z_{VP}) = P_{SFr} \{u_n(x, y, z_{MVI})\} \text{Rect}_n(x, y) \quad (3)$$

とする。ここで、 $P_{SFr}\{\}$ はシフテッドフレネル法[6]による伝搬演算を、 Rect_n は画像 n に対応した矩形関数、 z_{VP} は視点面の奥行き位置を表す。本研究では水平方向にのみカメラを移動しているため、この矩形窓は、高さが CGH にほぼ等しい縦長の形状している。この様な伝搬計算を、画像を取り換えながら視点位置に対応する矩形窓に繰り返し、視点面全体での光波

$$u_{VP}(x, y, z_{VP}) = \sum_n v_n(x, y, z_{VP}) \quad (4)$$

を求める。以下この光波を視点面光波とする。

次に、この 3D シーン内に配置した他の物体に



Fig.2 One of the multiple-viewpoint images.

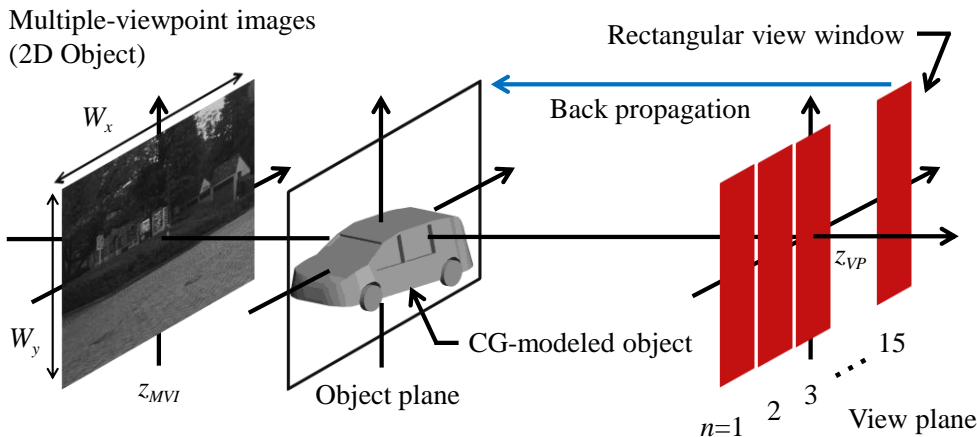


Fig.3 The arrangement of the multiple-viewpoint image, view plane and object plane in the virtual 3D scene.

Table 1 Parameters used for creation of the prototype CGH.

Number of pixels of CGH	65,536×65,536
Pixel pitches of CGH	1 μ m×1 μ m
Reconstruction wavelength	633 nm
Position of reference point source	(0,-40,-230) mm
Size of multi-view point image ($W_x \times W_y$)	132×88 mm ²
Size of view plane ($W \times H$)	61.4×65.5 mm ²
Sampling intervals of view plane field	1 μ m×1 μ m
Number of samplings of view plane field	61,440×65,536
Size of individual view window ($W \times H$)	4.1×65.5 mm ²
Number of view windows	15
Size of virtual object ($W \times H \times D$)	40×17×22 mm ³

においてシルエット法による光波遮蔽を行うため、最奥の物体位置までの逆伝搬計算を行う。それ以降は通常の超高解像度 CGH の数値合成と同じように、最奥の物体から順次、伝搬と遮蔽を行ない、3D シーンの物体光波を数値合成する。

5. 多視点画像と仮想物体による 3D シーン

本研究で再生シミュレーションを行った 3D シーンを Fig.4 に、また想定した超高解像度 CGH と物体光波数値合成のパラメータを Table 1 にそれぞれ示す。本研究では、3D シーンの背景となる多視点画像のサイズを 132×88 mm とした。また、視点面光波のサンプリング間隔を CGH と等しく設定し、一つの矩形窓のサンプリング数を 4,096×65,536 としたため、矩形窓のサイズは、幅が約 4 mm、高さが約 65 mm となり、隣接する矩形窓の間隔も約 4 mm となっている。本研究では 15 枚の多視点画像を撮影しているため、視点面の大き

さは水平方向が約 61 mm で垂直方向が約 65 mm となる。この視点面をホログラムの前方 200 mm に、また多視点画像を後方 100 mm の位置に配置して視点面光波を求めた。

一方、この多視点画像を背景として、前面 417 個のポリゴンからなる CG モデルの自動車を手前 70 mm(多視点画像の前方 30 mm)の位置に配置している。

6. CGH の計算とシミュレーション再生像

Fig.4 の 3D シーンの物体光波を数値合成し、球面波を参照光として数値的干渉を行い、バイナリの振幅型ホログラムとして干渉縞パターンを求めた。このバイナリ CGH の波動光学的再生シミュレーション[7]の結果を Fig.5 と Fig.6 に示す。

Fig.5 は、視点平面にシミュレーション再生の視点を置き、注視点を多視点画像の中央とした場合である。(a)と(c)では、水平方向に±12 mm だけ視点位置が移動している。同様に、(d)と(e)では、垂直方向に±12 mm 視点位置を移動している。この結果から水平方向に視点を変えることにより、多視点画像である背景画像が変化していることがわかる。この様に、多視点画像の手前に配置した CG モデルの仮想物体と視差のある実在風景が混在する 3D シーンが再生できており、屋外風景に車が駐車してあるという通常建物の外でしか見ることのできない 3D シーンの再生像が得られていることがわかる。

また Fig.6 は、観察者の視点が視点平面から離れた場合を想定して、シミュレーション再生の視点位置をホログラムから遠ざけ、視点面の前方 200 mm (ホログラム面から 400 mm)に置いた場合のシミュレーション再生像である。この結果からわかる通り、この程度では再生像に大きな変化はなく、許容範囲であることがわかる。

7. まとめ

本研究では、ホログラフィックステレオグラム

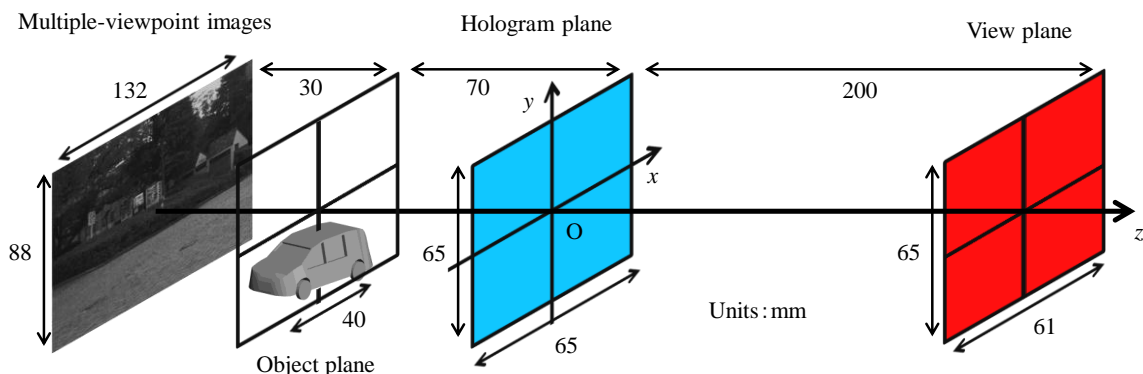


Fig.4 The 3D Scene of the prototype CGH including the multiple-viewpoint image and virtual object.

の作成手法を計算機上で数値的にシミュレートすることで、屋外風景を撮影した多視点画像を超高解像度CGHの3Dシーンの背景として用いることを試みた。それにより、背景画像にも視差がある再生像が得られると考えた。実際に多視点画像を撮影し、CGモデル仮想物体を組み合わせ再生シミュレーションを行ったところ、通常では屋外でしか見られない3Dシーンを再生できることがわかった。

謝辞

本研究は日本学術振興会の科研費(24500133)および平成24年度関西大学学術研究助成金(共同研究)の助成を受けたものである。

参考文献

[1] K. Matsushima, S. Nakahara: Appl. Opt. **48**, H54-H63 (2009).
 [2] H. Nishi, K. Matsushima, S. Nakahara: Appl. Opt. **50**, H245-H252(2011)
 [3] K. Matsushima, H. Nishi, S. Nakahara: J. Electron. Imaging **21**, 023002 (2012).
 [4] K. Matsushima, Y. Arima, S. Nakahara: Appl. Opt. **50**, H278-H284 (2011).
 [5] N. T. Shaked, B. Katz, J. Rosen: Appl. Opt. **48**, H120-H136 (2009).
 [6] R. P. Muffoletto, J. M. Tyler, J. E. Tohline: Optics Express **15**, 5631-5640 (2007).
 [7] 村上, 松島: 映情学誌 **65**, 1793-1800(2011).

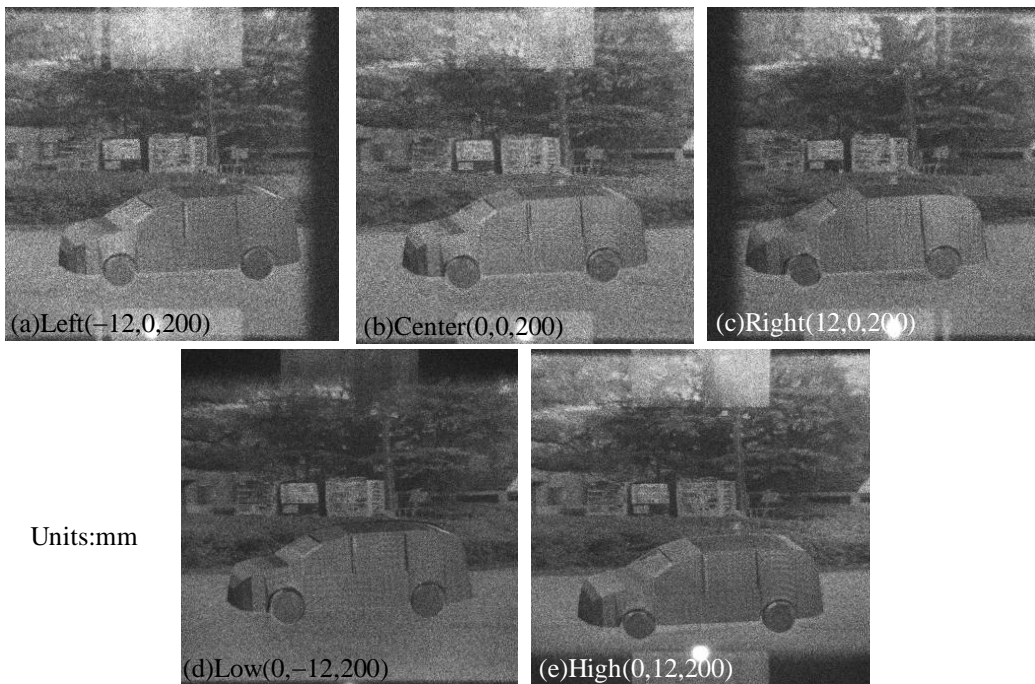


Fig.5 Simulated reconstruction of the prototype CGH whose 3D scene includes the multiple-viewpoint images of a landscape and the CG-modeled virtual object. The viewpoint is placed at the view plane.

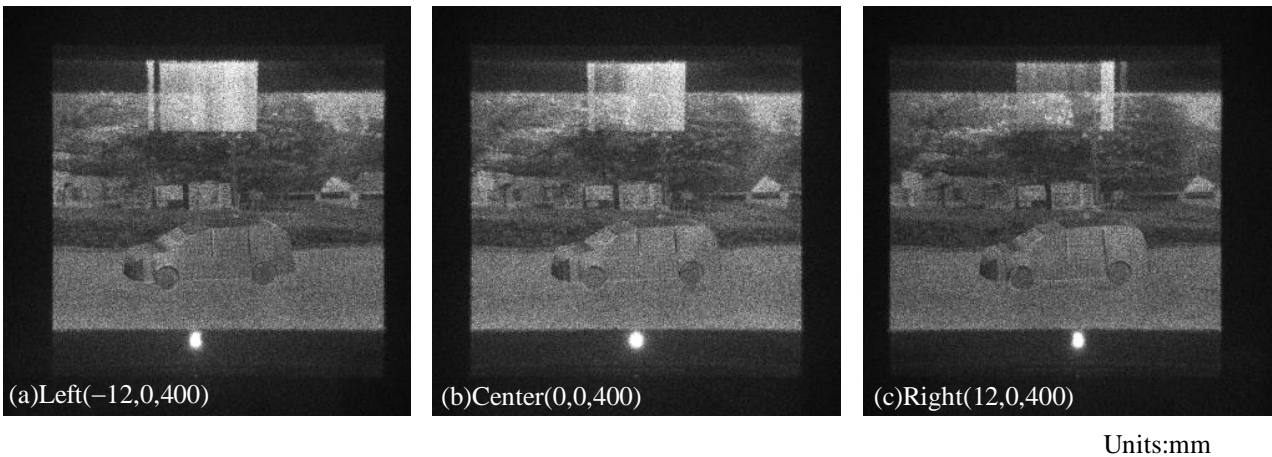


Fig.6 Simulated reconstruction of the prototype CGH whose 3D scene includes the multiple-viewpoint images of a landscape and the CG-modeled virtual object. The viewpoint is 200 mm further than the view plane.