

Kinect Fusion を用いた 高解像度フルカラーCGHの作成と再生 Creation and Reconstruction of High-Definition Full-Color CGH Using Kinect Fusion

宮岡貴史¹ 市原瑞穂¹ 松島恭治¹ 中原住雄²
Takashi Miyaoka¹ Mizuho Ichihara¹ 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

The conventional 3D scanners commonly measure the subject shape observed from a given direction and produce the depth map. If the subject has concave surfaces, i.e. self-occlusion, the 3D scanner most likely outputs a polygon-mesh with many missing polygons in the invisible surface. On the other hand, the viewing angle of high-definition computer-generated holograms (CGH) reaches to 45 degrees even at this stage. Therefore, if we create CGHs directly from the depth map produced by conventional 3D scanners, the missing polygons are perceived by viewers when moving their viewpoint. In this research, high-definition CGHs are created by using Kinect for Windows and Kinect Fusion that make possible to produce polygon-mesh without missing polygons. Moreover, since the polygon mesh acquired by Kinect Fusion has color information as vertex colors, full-color 3D images are optically reconstructed by high-definition CGHs using dichroic mirrors and a white LED. Actual high-definition full-color CGH is demonstrated to verify the technique.

Keywords: 計算機合成ホログラム, 3D スキャン, Kinect, カラー再生, 白色光再生

1. はじめに

我々が作成し現在 MIT ミュージアムにおいて展示されているホログラム“Brothers”では、コンピュータホログラフィで実在の顔形状を再生するために工業用 3D スキャナを用いて形状計測している[1]. しかし 3D スキャナは、一般に特定の方向から測定

した距離画像を作成するため、その測定方向からは見えないポリゴンに欠落が発生する. 一方、高解像度計算機合成ホログラムの視域角は 45 度以上にもなるため、3D スキャナでは測定されていないポリゴンも再生される. そのため“Brothers”では手作業でポリゴンを補完する必要があった[1].

一方、Microsoft 社の Kinect for Windows(以下、Kinect)を 3D スキャナとし、Kinect Fusion ソフトを用いることで多方向から計測した形状をリアルタイムで合成し、欠落のないポリゴンメッシュを作成することが出来る. そこで、本研究ではこの Kinect Fusion を用いて実在物体の形状データを取得し、

宮岡貴史

<miyaoka@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)

我々がすでに報告している単一白色 LED 光源を用いた高解像度 CGH のフルカラー再生法[2]を改良してフルカラーCGH の再生を試みた。

以下、実際に Kinect Fusion により取得したポリゴンメッシュから高解像度 CGH の干渉縞を計算する過程を述べ、試作した高解像度 CGH のフルカラー光学再生像を示す。

2. Kinect による実在物体の 3D データ取得方法

2.1 Kinect と Kinect Fusion

良く知られているように, Kinect には RGB カメラと距離センサが搭載されている。この距離センサは赤外線プロジェクタと赤外線カメラから成っており, 赤外線プロジェクタによって被写体に投射した擬似ランダムドットパターンを単一の赤外線カメラによって撮影するアクティブステレオ方式により距離画像を取得することができる。また, 同時に RGB カメラにより被写体のカラー画像も取得することができる。Table 1 にその仕様を示す。

一方, Kinect Fusion とは Microsoft 社が公式に配布している Developer Toolkit に含まれるアプリケーションの一つである。Kinect Fusion は距離画像とカラー画像の撮影を連続的に実行し, これらのデータをリアルタイムで 3次元点群データに変換し保持することができる。この点群データには, 頂点座標とその頂点カラー情報が含まれている。Kinect Fusion はこのように複数の視点から取得した 3次元点群データを一つに統合することで欠落のない 3次元データを出力することができる。

2.2 3次元データの取得と保存

Kinect Fusion 撮影時の画面例を Fig.1 に示す。赤枠内で示した大きなペインには, 撮影を進めるに従ってリアルタイムに再構成された 3次元モデルが表示されている。右上の緑枠内のペインでは距離カメラの RAW データを表示しており, 右下の青色枠内のペインでは再構成されたデータと入力データの整合結果が表示されている。このように主に左のペインを確認しつつ Kinect の撮影範囲から物体を見失わないよう注意してセンサを物体の周囲で移動させ, 欠落のない 3次元データを取得する。また Kinect 自体は固定し, 被写体を回転させることでも 3次元デ

Table 1 Specification of Kinect Fusion [3].

Number of pixels (depth image)	320×240
Number of pixels (color image)	640×480
Frame rate	30 fps
Sensing range (default mode)	0.8~4.0 m
Horizontal angle of field of view	57°
Vertical angle of field of view	43°

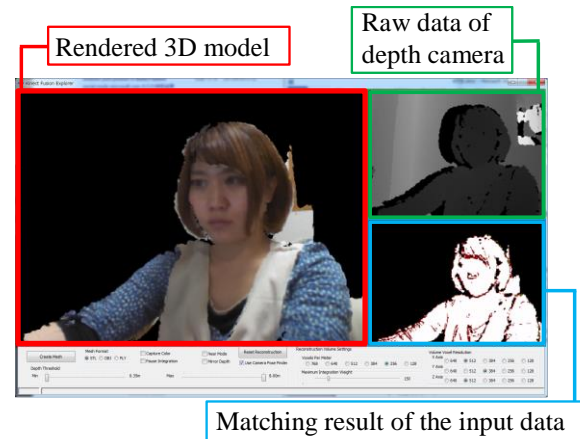


Fig.1 A screen shot of Kinect Fusion Explorer-D2D.

ータの取得が可能である。

Kinect Fusion で出力可能な 3D データのフォーマットには STL, OBJ, PLY 形式がある。このうち RGB カメラにより取得した頂点カラー情報が保存されるのは PLY 形式のみのため, 本研究ではこの形式で保存を行った。

3. CGH 計算のための物体モデルの作成方法

40 億ピクセルを超える高解像度 CGH を作製するため, ポリゴン法を用いた光波計算を行う必要がある[4]。そのためのツールである Wave Field Library (WFL)と Polygon Source Library (PSL)を使用している[5,6]。現在のバージョンの WFL/PSL では, 物体光波数値合成にはベースとなるポリゴンメッシュデータと UV テクスチャマッピング用のマッピング画像が必要となる。一方, Kinect Fusion によって PLY 形式で保存されるのは, 頂点カラーデータであるため, そのままではマッピング画像が得られない。そのため, Fig.2 に示す手順により, フォーマット変換やマッピング画像生成を行った。

3.1 ポリゴン数の低減

Kinect Fusion が出力するポリゴンメッシュではポリゴン数が数十万ポリゴン程度になるため, ポリゴ

ン法による光波数値合成に長時間を要する．そのためポリゴン数を低減させる必要がある．本研究ではこの処理に MeshLab を用いた．ただし，MeshLab を用いて PLY 形式の 3次元データをそのままローポリゴン化すると，ポリゴンメッシュに欠落が生じてしまう．そこで本研究ではポリゴン数低減に適した STL 形式に一旦フォーマット変換しその後ポリゴン数低減を行った．ただし STL 形式はカラー情報を保持しないため頂点カラーが破棄されてしまう．

3.2 テクスチャ画像の作成

ポリゴン法での物体光波レンダリングに必要な UV テクスチャマッピング用の画像を得るため，本研究では Kinect Fusion で取得した頂点カラーの 3D モデルを正投影 CG 画像としてレンダリングし，これをテクスチャ画像として用いている．このテクスチャ画像を前節でローポリゴン化したポリゴンメッシュに手作業で位置あわせして UV マッピングを行っている．

4. フルカラーCGH 再生方法

Fig. 3(a)に示す従来の CGH フルカラー再生法では，ビームスプリッタで照明光を分岐してからカラーフィルターにより RGB 光を取り出していたため，光学素子の数が多く，照明光量が低下していた．また迷光も多く発生していた．そのため，暗室や暗箱でしか明瞭なカラー再生像を得られなかった．そこで本研究では2枚の45度入射タイプのダイクロイックミラーを用いて白色 LED から3原色の照明光を取り出している．本研究で用いたフルカラーCGH 再生光

学系を Fig. 3(b)に示す．ダイクロイックミラーを使用することで光の利用効率が上がり，再生像が明るくなるため通常の室内照明下でも明瞭な再生像を観察することができる．

5. フルカラーCGH の作成と再生

以上の手法を用いて，“Girl and Earth” と名づけたフルカラーCGH を作成した．作成した CGH の 3D

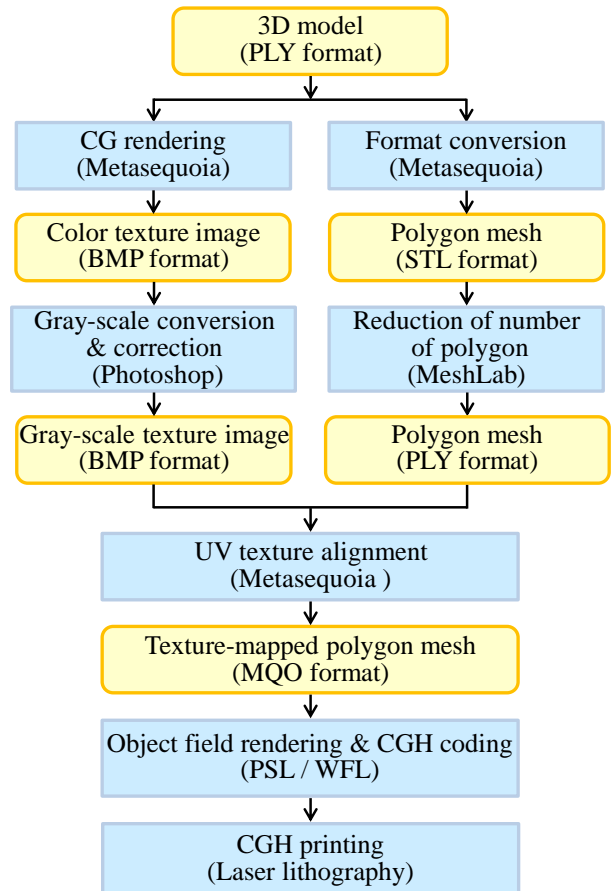


Fig.2 Procedure for creating full-color high-definition CGHs with Kinect Fusion.

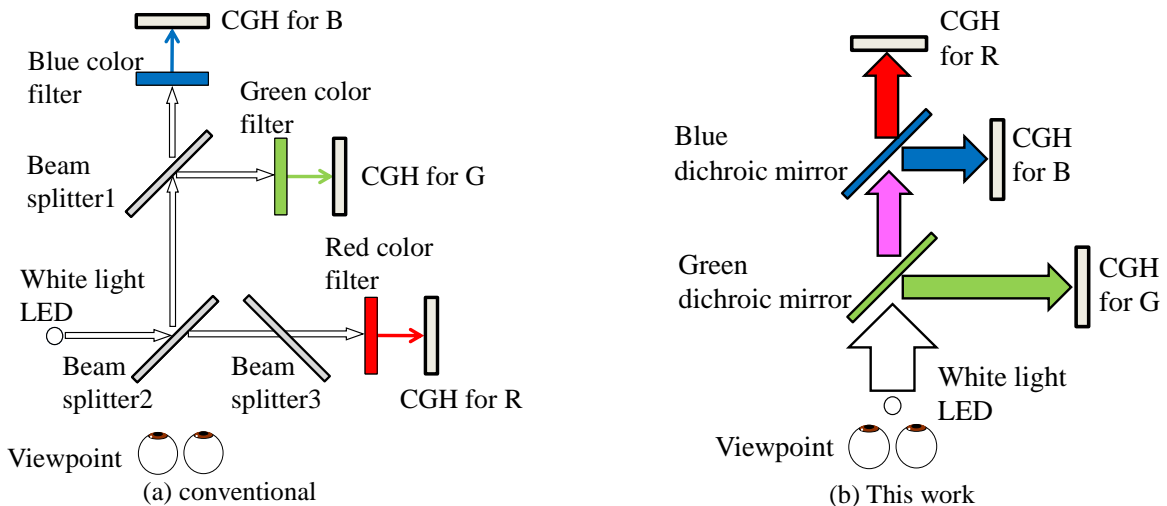


Fig.3 Experimental setup for full-color reconstruction of high-definition CGH: (a) conventional and (b) improved setups.

シーンとパラメータを Fig. 4 と Table 2 に示す. ここで, RGB の 3 枚の CGH のための物体光波レンダリングに用いた波長(以下, 設計波長)は, 再生に用いた白色 LED とダイクロイックミラーから求まる照明光スペクトルから我々が提案している設計波長決定手法を用いて決定した[2]. Fig. 5 に用いた光学系での照明光スペクトルを示す. 各色の CGH の設計波長としては, 対応する色の照明光スペクトルの積分値を等分する波長を使用している.

なお, 実際に物体光波を合成してみると Kinect Fusion が出力する物体モデルには, その内部に隠れたポリゴンが存在することがわかった. これが再生されないように, 本研究ではスイッチバック法[7,8]によって隠面消去を行っている.

実際に作成した高解像度 CGH の光学再生像を Fig. 6 に示す. この結果から Kinect Fusion を用いることにより高解像度 CGH のフルカラー再生像が得られることが分かった.

6. まとめ

本研究では, Kinect Fusion により欠落のないポリゴンメッシュを取得し実際にフルカラーCGH を作成・再生した. この時, 従来より明るいフルカラー再生光学系を用いることにより室内照明下での CGH フルカラー再生像を確認した.

7. 謝辞

Kinect Fusion の利用についてご示唆いただいた日本大学山口先生に深謝いたします. 本研究は, 日本学術振興会の科研費(24500133), 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.

参考文献

- [1] 松島: HODIC Circular **32**, No.3, 31 (2012).
- [2] 宮岡, 松島, 中原: 3次元画像コンファレンス 2013, 101 (2013).
- [3] Build Insider: “Kinect v1 と Kinect v2 の徹底比較”, <http://www.buildinsider.net/small/kinectv2cpp/01> (アクセス:2014年5月23日).
- [4] K. Matsushima: Appl. Opt. **44**, 4607-4614(2005).
- [5] 松島: Optics & Photonics Japan 講演予稿集, 9aC2 (2010).
- [6] 光情報システム研究室: WaveField Tools 公式サイト, <http://www.laser.ee.kansai-u.ac.jp/WaveFieldTools/>.

- [7] 中村, 松島, 中原: 3次元画像コンファレンス 2011, 66 (2011).
- [8] K. Matsushima, M. Nakamura, S. Nakahara: “Silhouette methods for hidden-surface removal in computer holography and its acceleration by switch-back technique” (to be published).

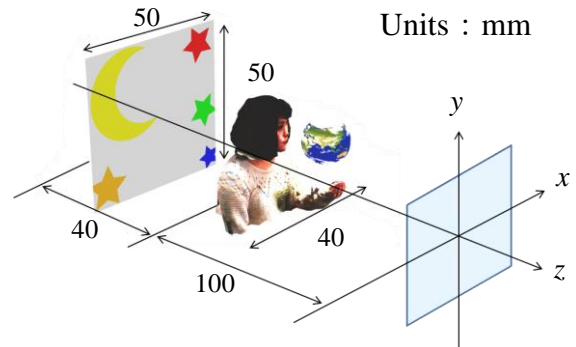


Fig. 4 3D scene of the full-color high-definition CGH named “Girl and Earth”.

Table 2 Parameters used for creating full-color CGH.

Number of pixels	65,536 × 65,536
Pixel pitches	0.8 μm × 0.8 μm
Sizes of CGHs	52.4 × 52.4 mm ²
Position of reference	(0, -35, -350) mm

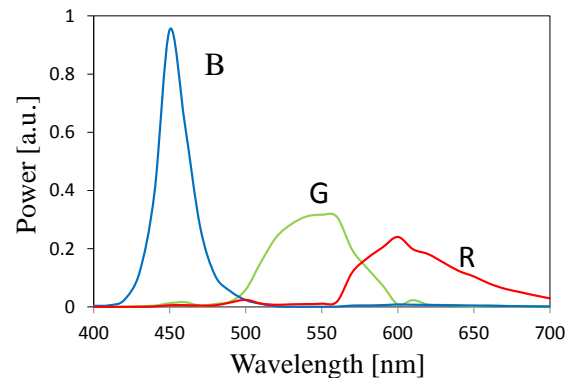


Fig. 5 Estimated spectra of RGB illumination light.

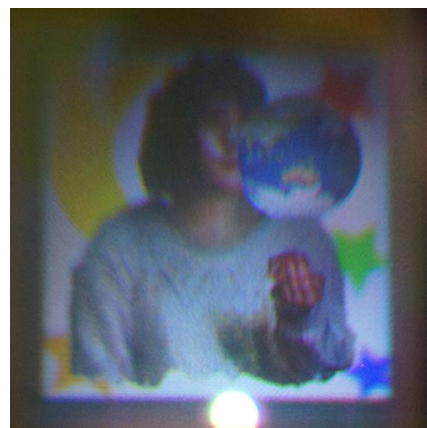


Fig. 6 Optical reconstruction of the full-color high-definition CGH.