

3D Face Reconstruction による ホログラフィックポートレート の作製

Holographic portrait created by 3D Face Reconstruction

池田透海

松島恭治

Sukai Ikeda

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, Electronic and Information Engineering, Kansai University

ABSTRACT

A technique using the 3D Face Reconstruction (3D-FR) technology, based on three different convolutional neural networks, is proposed to create 3D portrait CGHs from a simple face photo. Using a facial 3D model obtained by 3D-FR, a full-color FPHD-CGH of the live face, i.e., a holographic portrait is fabricated using the RGB color filters, and its optical reconstruction is demonstrated to verify the proposed technique.

Keywords: 計算機合成ホログラム, 畳み込みニューラルネットワーク

1. はじめに

近年, 大規模なコンピュータホログラフィの技術が開発されている. その技術を用いて, “Sailing Warship II”, “Toy Train”, “Brothers”などの全方向視差高解像度計算機合成ホログラム(Full-parallax high-definition computer-generated hologram: FPHD-CGH)が作成されている[1]. これらのホログラムの総ピクセル数は数百億から数千億ピクセルに達し, 従来の光学ホログラフィに匹敵する奥行き感を実現している.

FPHD-CGH の社会実装のために数多くのアイデアが案出されている. 大型 CGH の案としては, 遊園地の園内マップ, 水族館や動物館の再現, 壁や天井に取り付ける風景窓, 立体的なマネキン広告といったものが挙げられる. しかし, このような大型 CGH は計算量が莫大である, 一度に印刷可能な CGH のサイズに制限があるなどの点からすぐに実現することが難しい. 一方で, 小型 CGH であれば現在の技術で実現可能性が高い. 特に, ポートレート CGH は小型 CGH の社会実装として実用的である. 例えば, ID

カードの顔写真を CGH に置き換えた場合, 従来の ID カードよりも高いセキュリティを有し, 偽造防止対策になると考えられる. しかし, FPHD-CGH で 3D ポートレートを作成するためには, 顔の 3D モデルの取得が問題となる.

ポートレート CGH を作製する主な方法として, デジタルホログラフィや, 3D スキャナ・デプスカメラなどの奥行き情報が得られる機器の利用, 多視点画像からの合成等が挙げられる. デジタルホログラフィは, イメージセンサを用いて干渉縞を記録する方法であるため, 長い静止時間が必要となる上, 顔のサイズで記録できるかどうかの問題である[2]. 3D スキャナは顎の下などの正面から見えない部分はスキャンできないため, ポリゴンの欠落が起きる欠点がある. 多視点画像からの合成では様々な方向からの多数の画像が必要となるため, 長時間の撮影か大規模な撮像施設が必要となる. このように, いずれの方法でもポートレート CGH を簡便に作製することはできない.

そこで本研究では, 畳み込みニューラルネットワークによる技術である 3D Face Reconstruction (3D-FR)技術を用いて[3], 1 枚の顔写真から顔の 3D モデルを生成し, FPHD-CGH でホログラフィック 3D ポ

池田透海

<k565888@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)

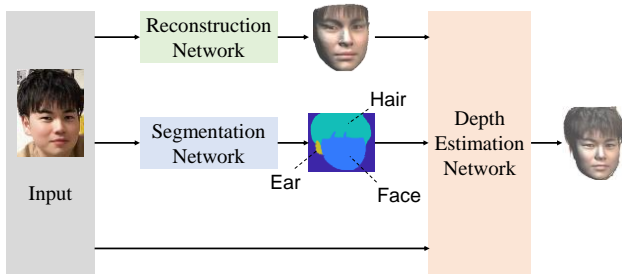


Fig. 1. The 3D Face Reconstruction using three different convolutional neural networks.

ポートレートを作成した。1枚の顔写真から短時間でポリゴンの欠落のない顔の3Dモデルが生成できるため、従来と比べてポートレートCGHの作製が簡便に行えるようになった。本論文では3D-FRの内容について説明し、実際に作製したポートレートCGHについて報告する。

2. 3D Face Reconstruction

3D-FRは1枚の顔写真から顔の3Dモデルを生成する技術である。Reconstruction Network [4], Segmentation Network, Depth Estimation Network という役割の異なる3つの畳み込みニューラルネットワーク(CNN)で構成されている。その概要をFig. 1に示す。

2.1. Reconstruction Network

Reconstruction Networkは、顔写真から髪や耳以外の顔の3Dモデルを生成するネットワークであり、構造はResNet-50 [5]をベースにしている。このネットワークでは、顔の3Dモデルを3D Morphable Model(3DMM) [6]で表現しており、このパラメータを求めることで3Dモデルを生成する。

2.2. Segmentation Network

Segmentation Networkは、顔写真からセグメント情報を取得するネットワークであり、構造はBiseNet [7]をベースにしている。オリジナルのBiseNetはダウンサンプリングにXception [8]を用いているが、本研究では高精度化のためにResNet-18 [5]を用いた。このネットワークでは、顔写真の全ピクセルを右耳、左耳、顔、髪、口内、背景のいずれかに分類して、セグメント情報を取得する。

2.3. Depth Estimation Network

Depth Estimation Networkは、顔写真、Reconstruction Networkで生成した髪や耳以外の3Dモデル、

Segmentation Networkで取得したセグメント情報から頭部全体の3Dモデルを生成するネットワークであり、構造はResNet-18 [5]をベースにしている。

3. 3D Face Reconstructionの実行例

Fig. 2(a)は無帽無背景の男性の正面の顔写真から3Dモデルを取得した結果である。緑のワイヤーフレームは髪や耳以外の顔であり、赤の部分は髪や耳である。背景はSegmentation Networkによって3Dモデル取得に必要なセグメントと認識されるため、背景色に関係なく3Dモデルを取得することができる。

Fig. 2(b)はメガネをかけた人の写真から3Dモデルを取得した結果である。この場合、Segmentation Networkにおいてメガネの部分が顔のセグメントと認識されるため、メガネがテクスチャとして顔に張り付いた状態で3Dモデルが生成されてしまっている。(c)はマスクを付けた人の写真から3Dモデルを取得した結果である。メガネを掛けた人と同様に、マスクの部分が顔のセグメントと認識されるため、マスクがテクスチャとして顔に張り付いた状態で3Dモデルが生成されている。

以上のように、顔に何も付けていない写真を入力すると、自然な3Dモデルを取得できるが、メガネやマスクを付けた人の写真を入力すると、正しい3Dモデルを取得することができない問題があることがわかった。

4. ホログラフィックポートレートの作製

4.1. 物体光波の計算

CGHにおいて自然な再生像を得るためには、オクルージョンを正しく処理する必要がある。3D-FRで生成した3Dモデルは、Fig.2(a)のワイヤーフレームから額と髪のポリゴンが重なっていることがわかる。これは、髪や耳とそれ以外が異なったCNNで生成されているためである。このようなモデルでは、ポリゴン単位でオクルージョン処理する必要があるため、ポリゴン単位シルエット法を高速化したスイッチバック法を用いる必要がある[9]。

一方、ポリゴン単位シルエット法では、ホログラム面に対して垂直方向に近いポリゴンの部分でオクルージョンエラーが生じ、背景が一部透ける場合がある。3D-FRで得た3Dモデルの髪等の部分のポリ

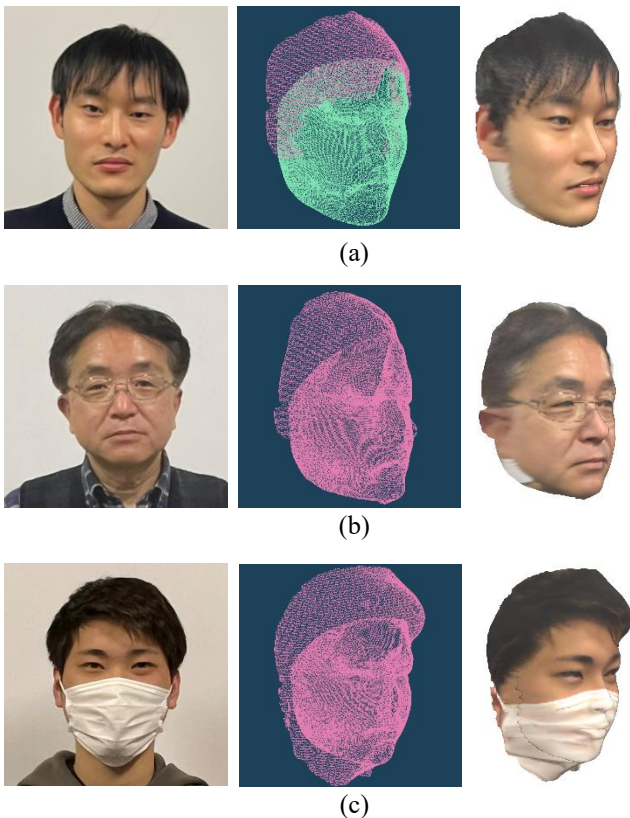


Fig. 2. Face photos and the generated 3D models.

ゴンは、顔の正面に対して垂直方向に近い場合、この問題が生じる。より精密なサーフェスマスク法を用いれば、この様な問題は防げるが、計算時間が長くなる問題がある[10]。物体単位とポリゴン単位のシルエットマスク法を併用すればこの問題は起こらないため、本研究では顔全体のシルエットマスクを適用した後に、スイッチバック法を用いたポリゴン単位シルエット法でオクルージョン処理を行った。

4.2. CGH の設計

実際に 3D Face Reconstruction を用いて、顔の 3D モデルを生成し、その 3D モデルから FPHD-CGH を作製した。元の顔写真と生成した 3D モデルのレンダリング画像を Fig. 3 に示す。また、作製した FPHD-CGH の 3D シーンを Fig. 4 に、パラメータを Table 1 に示す。顔を奥行き 100mm の位置に配置し、顔の立体感を知覚しやすいよう背景にチェッカー模様の壁紙を配置している。作製した FPHD-CGH は、証明写真としては少し大きな 10.5cm×10.5cm の正方形であり、RGB カラーフィルタ方式によるフルカラー CGH である[11]。

4.3. CGH の光学再生像

作製した FPHD-CGH の光学再生像を Fig. 5 に示す。この光学再生像から、奥行き感のあるホログラフィック 3D ポートレートを作製できていることを確認できた。しかし、今回用いた 3D-FR では頭部以外の首や胸などの部分の 3D モデルは作成されない。そのため、実際にこの FPHD-CGH を観察すると、空間に頭部が浮いているような印象を受けるため、人によっては違和感を抱くことが分かった。

5. まとめ

ポートレート CGH は FPHD-CGH の社会実装として最も期待されるものの 1 つである。その作製のためには実在する人物の顔の 3D モデルを取得する必要があるが、従来の手法では 3D モデルを簡単に取得することが困難であった。

そこで本研究では、畳み込みニューラルネットワークに基づいた 3D-FR 技術を用いることで 1 枚の顔写真からポートレート CGH を作製した。その結果、奥行き感のある人の顔の再生像を確認できた。しかし、胸や首の部分のない再生像となっているため、今後は胸や首を含むバストショットに対応したポートレート CGH の作製を目指す必要がある。

謝辞

本研究は、日本学術振興会科研費 22H03712 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] K. Matsushima: *Introduction to Computer Holography*, Sect. 1.3 (Springer, 2020).
- [2] K. Matsushima, Y. Arima, S. Nakahara: "Digitized holography: modern holography for 3D imaging of virtual and real objects," *Appl. Opt.* **50**, H278-H284 (2011).
- [3] S. Xu, J. Yang, D. Chen, F. Wen, Y. Deng, Y. Jia, X. Tong: "Deep 3D portrait from a single image," *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 7707-7717(2020).
- [4] Y. Deng, J. Yang, S. Xu, D. Chen, Y. Jia, X. Tong: "Accurate 3D face reconstruction with weakly-supervised learning: From single image to image set," *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, 285-295(2019).
- [5] K. He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun: "Deep residual learning for image recognition," *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 770-778(2016).
- [6] V. Blanz, T. Vetter: "A morphable model for the

synthesis of 3D faces,” Proc. of 26th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, 187-194(1999).

- [7] C. Yu, J. Wang, C. Peng, C. Gao, G. Yu, N. Sang: “BiSeNet: Bilateral segmentation network for real-time semantic segmentation,” Proc. of the European Conference on Computer Vision, 325-341(2018).
- [8] F. Chollet: “Xception: Deep learning with depthwise separable convolutions,” IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1800-1807(2017).
- [9] K. Matsushima, M. Nakamura, S. Nakahara: “Silhouette method for hidden surface removal in computer holography and its acceleration using the switch-back technique,” Opt. Express **22**, 24450-24465 (2014).
- [10] K. Nakamoto, K. Matsushima: “Exact mask-based occlusion processing in large-scale computer holography for 3D display,” Digital Optical Technologies 2019, SPIE Proc. 11062, 1106204 (2019).
- [11] Y. Tsuchiyama, K. Matsushima: “Full-color large-scaled computer-generated holograms using RGB color filters,” Opt. Express **25**, 2016-2030(2017).

Table 1 Parameters of the created FPHD-CGH.

Number of pixels	131,072 × 262,144
Pixel pitches [μm]	0.8 × 0.4
Wavelength (R, G, B) [μm]	(635, 517, 443)
Number of polygons	83,126

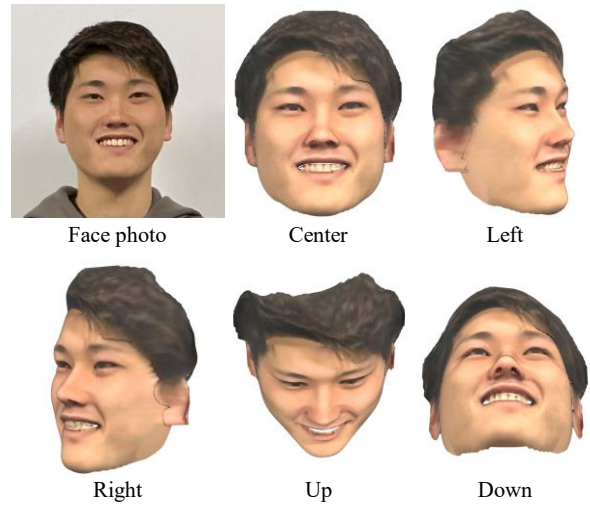


Fig. 3. A face photo and the generated 3D model used to create the holographic portrait.

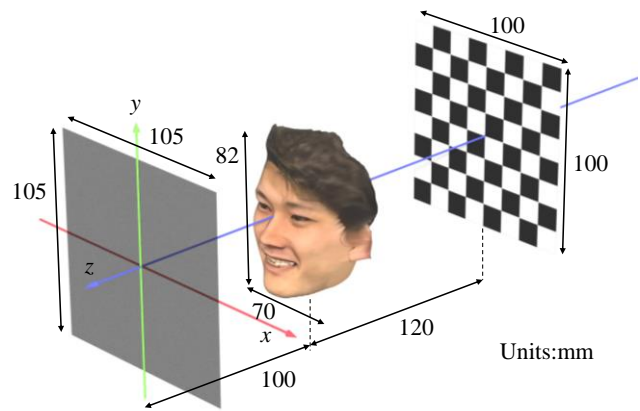


Fig. 4. The 3D scene of the created FPHD-CGH.

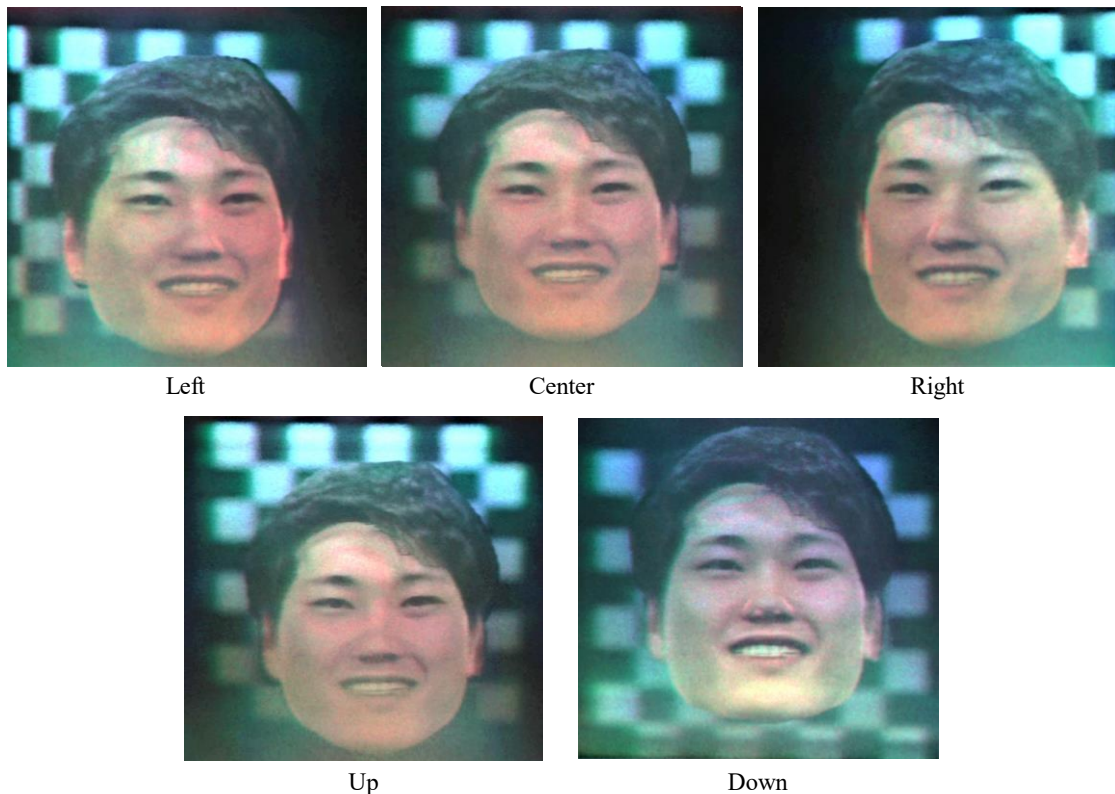


Fig. 5. Closeup photographs of optical reconstruction of the created holographic portrait.