関西大学における全方向視差高解像度 CGH の最近の研究

松島恭治

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 E-mail: matsu@kansai-u.ac.jp

あらまし 関西大学光情報システム研究室では,様々な側面から全方向視差高解像度 CGH の研究活動を行っている.本稿では,近年の研究の一端を紹介する.

キーワード 計算機合成ホログラム,全方向視差

Recent research of full-parallax high-definition CGH

in Kansai University

Kyoji Matsushima

Department of Electrical, Electronic and Information Engineering, Kansai University

Yamate-cho 3-3-35, Suita, Osaka 564-8680, Japan

E-mail: matsu@kansai-u.ac.jp

Abstract Full-parallax high-definition CGHs are investigated from various aspects in Optical Information System Lab of Kansai University. A part of the recent research activities is introduced in this paper.

Keyword Computer-generated hologram, Full-parallax high-definition

1. はじめに

2. 研究内容の紹介

近年,数100~1000億画素規模の全方向視差高解像 度 CGH を計算・作製できるようになった[1]. このよ うな全方向視差高解像度 CGH では,知覚矛盾が全く 生じないため,驚くほど奥行きの深い像を再生できる. 関西大学電気電子情報工学科の光情報システム研究室 では,修士研究や卒業研究,あるいは企業との共同研 究により,全方向視差高解像度 CGH に関する様々な 研究を行っている.本稿では,近年行っている研究の 一端を紹介したい.

2.1. 半円筒型 CGH

Fig.1 に示した半円筒型 CGH は,2021 年 9 月の HODIC 講演会でアーチ型 CGH として発表した CGH の 発展型である[2]. この研究は,ガラス基板に高品質な CGH を描画できるレーザリソグラフィで作製した原 版をマスクとしてフォトポリマーに転写することによ り曲面化を行ったものである.円筒面上での干渉縞計 算は多角柱で近似して行っているが,面数が十分に多 いため,違和感のない滑らかな曲面ができている. HODIC 講演会での発表当時は中心角約 120 度で円筒面 を切り取った高さ 5.2cm のアーチ形状の CGH であっ たが,その後大型化が進み,最終的には中心角 180 度

Fig.1 半円筒型 CGH, (a) 3D モデル, (b) 外観写真, (c)視点を変えた再生像



フレーム1 フレーム2 Fig.2 構造化照明マッピングによる全方向視差高解像度 CGH のアニメーション[6]

(半円)で高さ 10.4cm の半円筒型に発展している[3].

2.2. 構造化照明マッピングを用いたフルカラーCGH

のアニメーション

全方向視差高解像度 CGH は、本来のホログラフィ が有する「正にそこにあるかのように見える」映像が 再生でき、特に奥行きの深いシーンを自然に再生でき る特徴がある.しかし、100億~数 1000億もの画素を 有するため電子的デバイスでの再生が極めて困難で、 完全な静止画しか作成できない欠点がある.この研究 では、高解像度 CGH の干渉縞を空間分割して構造化 照明を所望の干渉縞に照射することにより、一つの CGH に埋め込んだ複数の像を選択的に再生している [4].これは、連続的なアニメーションを行った場合、 高解像度 CGH の豊富な画素を時間軸に展開している と考えることもできる.KDDI 総合研究所との共同研 究により、RGB カラーフィルタ方式 CGH[5]に、この 原理を適用して作成したカラーアニメーション CGH を Fig.2 に示す[6].

2.3. タイリングによる高解像度 CGH の大型化

レーザリソグラフィで作製する全方向視差高解像 度 CGH の最大サイズは,従来 18cm×18cm であった. これは作製装置であるレーザー直接描画装置の制限に よる限界であった.そこで,複数の干渉縞をタイリン グして大型 CGH を作成する研究を行っている.大日





(a) A4サイズCGH

本印刷(株)の協力により JST より研究資金を得て作成 した全方向視差の A4 サイズ(29.7cm×21cm)の CGH を Fig.3(a)に, アスペクト比 2 対 1 とした 34cm×17cm の サイズ CGH を(b)に示す.前者では 3×2 枚の要素 CGH をタイリングし,後者では 2×1 枚をタイリングしてい る.いずれの CGH でもホログラム面にタイルの接合 線が見えるが,観察者は CGH の奥に再生される 3D 映 像を注視するため,タイルの境界線はほとんど意識さ れることが無い[7].

2.4. AI 技術を用いたホログラフィックポートレート

近年,全方向視差高解像度 CGH がビジネスコンテ スト等で取り上げられ,この技術をどのようにビジネ スにつなげるかのアイデア出しが行われている.その ような場でしばしば提案されるアイデアが,ポートレ ートである.例えば,記念写真や遺影などの思い出写 真,あるいは証明写真などに利用しようというもので ある.しかし,このようなポートレート応用には一つ 問題がある.それは,人の顔の 3D データを如何にし て取得するかである.

3D データの取得には、当然、デプスカメラの利用や、 多視点画像の利用等が考えられる.しかしデプスカメ ラでは、あごの下など、写らない場所がかなりあり、 それが問題となる.また多視点画像では、多数のカメ ラを並べた大規模な撮像システムを構築するか、単一 のカメラをスキャンする必要があり、前者はコストが





Fig.3 タイリングによる全方向視差高解像度 CGH の大型化



左視点中央視点右視点Fig.4 AI 技術を用いたホログラフィックポートレートの光学再生像

高く,後者では撮影時間が耐え難いほどかかる問題が ある.当然ながら,遺影写真からの CGH 作成ではこ のどちらも利用できない.

そこで, 3D Face Reconstruction と呼ばれる DNN 技術を利用して,1 枚の顔写真から 3D データを生成しホ ログラフィックポートレートを作成する研究を行って いる[8]. 実際に作成した 10.4cm×10.4cm のホログラ フィックポートレートの再生像写真を Fig.4 に示す.

2.5. 周波数フィルタによるアニメーテッド CGH

日大の吉川・山口らの先行研究[9]にインスパイアさ れて始めた研究である.全方向視差高解像度 CGH は, ポリゴン法などの波動光学的手法で計算するため,空 間スペクトルをフィルタリングすることにより光が飛 ぶ方向を制御し,視点位置変化に伴って像が変化する アニメーテッド CGH を実現している. Fig.5 は, RGB カラーフィルタ方式カラーCGH としてアニメーテッ ド CGH を作成した例である[10]. 左右の目に異なった 映像を見ると違和感が強いため,中央視点では背景だ けが写るガードゾーンを設けている.

なお,全方向視差 CGH の特徴として,視点の垂直 方向の移動でもアニメーションすることができる.こ の場合,視点移動としては不自然ではあるが,両目に 異なった映像が入ることがないため,アニメーション としてはむしろ自然になる[11].

2.6. 物理シミュレーションと多視点画像のハイブリッド アルゴリズム

全方向視差高解像度 CGH はポリゴン法[12]やシルエ ット法[13] などの物理シミュレーションによる手法で 計算している.そのため、奥行きの深い映像が可能に なるが、一方、あまり高度なレンダリングはできない 問題がある.全方向視差高解像度 CGH を計算するも う一つの方法は多視点画像を用いることであり、特に 光線サンプリング面(以下 RSP)の手法が有望である [14,15].この手法を用いると、CG の高度なレンダリ ング技術を用いることができる.一方、奥行きが深い 単一の物体では、像が不鮮明になったり、輻輳調節矛 盾の懸念がある.

そこで、物理シミュレーションと多視点画像のハイ ブリッドアルゴリズムを開発している[16]. Fig.6 は、 このアルゴリズムで作成した 10.4cm×10.4cm の全方 向視差高解像度 CGH の再生像写真である.テーブル 上の右側の玩具の列車のみが RSP 手法でレンダリング されており、その他のすべてはポリゴン法/シルエット 法で計算されている.これらの物体の間には相互に遮 蔽関係が存在するが、まったくオクルージョンエラー がない自然に融合した像が再生されている.

3. まとめ

以上,駆け足であるが,関西大学光情報システムで 行っている研究の一端を紹介した.ここで,紹介でき なかった研究として,コヒーレントバックライト[17] や,照明狭帯域化 HOE[18]などもある.これらはまた 別の機会に紹介させていただきたい.



Fig.5 周波数フィルタを用いたアニメーテッド CGH の光学再生像



左視点

中央視点

右視点

Fig.6 物理シミュレーション(ポリゴン法/シルエット法)と多視点画像(光線サンプリング面)のハイブリッド アルゴリズムで作成した全方向視差高解像度 CGH の光学再生像

謝辞

フルカラーアニメーテッド CGH の作成にご協力いただいた(株)KDDI 総合研究所に感謝します.これらの研究は部分的に以下の助成を受けている.日本学術振興会科研費 18H03349,22H03712,科学技術振興機構 A-STEP トライアウト JPMJTM20FA.

文 献

- [1] K. Matsushima, Introduction to Computer Holography, (Springer, 2020).
- [2] 玉置, 松島, "非干渉マスク転写を用いた全方向視 差高解像度 CGH のアーチ形状化," HODIC Circular 41, No. 3, 24-27(2021).
- [3] 玉置翼, "非干渉マスク転写法による円筒面型全 方向視差高解像度 CGH の作製,"関西大学大学院 修士論文(2021 年度).
- [4] 松島,小中,森川,"構造化照明マッピングを用いた全方向視差高解像度 CGH のアニメーション,"3 次元画像コンファレンス 2021, 2-2 (2021).
- [5] Y. Tsuchiyama, K. Matsushima, "Full-color large-scaled computer-generated holograms using RGB color filters," Opt. Express 25, 2016-2030 (2017).
- [6] プレスリリース、"ホログラフィーのサイズや視 域角を維持しながらカラーアニメーション化に 成功~Beyond 5G/6G 時代に期待されるメディア 体験の実現に向けて~、" <u>https://www.kddi-research.jp/newsrelease/2022/0509</u> 01.html
- [7] 松島, "高解像度コンピュータホログラフィの社 会実装に向けて,"第26回関西大学先端科学技術 シンポジウム,オンライン(2022).
- [8] 池田,松島, "3D Face Reconstruction によるホログ ラフィックポートレートの作製, 3次元画像コン ファレンス 2022," P-3 (2022,予定).
- [9] 湯浅,吉川,山口,"写実的なアニメーテッドホロ グラムのための点群データ生成手法の提案,"3次 元画像コンファレンス 2020, 8-3 (2020).
- [10] 桂愛恵, "フルカラー全方向視差高解像度アニメ ーテッド CGH," 関西大学光情報システム研究室 卒業論文(2021 年度).
- [11] 辨天虎之介, "全方向視差高解像度 CGH による視 点移動アニメーテッドホログラムの作製," 関西 大学光情報システム研究室卒業論文(2021 年度).
- [12] K. Matsushima, "Computer-generated holograms for

three-dimensional surface objects with shade and texture," Appl. Opt. 44, 4607-4614(2005).

- [13] 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).
- [14] K.Wakunami, M. Yamaguchi, "Calculation for computer generated hologram using ray-sampling plane," Opt. Express 19, 9086-9101(2011).
- [15] K. Wakunami, H. Yamashita, and M. Yamaguchi, "Occlusion culling for computer generated hologram based on ray-wavefront conversion," Opt. Express 21, 21811-21822(2013).
- [16]桂,松島,"ポリゴン法と光線サンプリング面を用いたハイブリッド計算法による全方向視差高解像度 CGH,"3次元画像コンファレンス 2022, 10-2 (2022,予定).
- [17] 根田真吾,"ホログラフィック光学素子を用いた 高解像度 CGH 照明用バックライトシステム,"関 西大学大学院修士論文(2021 年度).
- [18]山崎,橋本,松島,"スペクトル狭帯域化 HOEによる RGB カラーフィルタ方式 CGH の再生像品質向上,3次元画像コンファレンス 2021,"5-3 (2021).