

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 20 日現在

機関番号：32665

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24760284

研究課題名(和文)フルカラー像が表示面より飛び出す計算機合成ホログラムを用いた広視域ディスプレイ

研究課題名(英文)Floating full-color image and wide viewing angle display with computer-generated hologram

研究代表者

山口 健(YAMAGUCHI, Takeshi)

日本大学・理工学部・助教

研究者番号：90434125

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、約180度の広い範囲からフルカラーの実像を観察できるようにするため、半円筒形状の計算機合成ホログラムにレインボウホログラムの手法を応用した光学モデルを構築した。広い視域のどこからでも正しく隠面処理された再生像を観察できるようにするため、仮想窓を用いて物体点光源にホログラム面上の計算範囲を付加する手法を提案した。白色光を用いた再生光学系により、出力した計算機合成ホログラムを再生した結果、フルカラーの実像を約180度の範囲から観察することができた。

研究成果の概要(英文)：In this research, we have investigated the full color floating image display with the computer-generated hologram (CGH). Also, to change the CGH shape from the flat to the concave semi-cylindrical, output CGH has about 180 degrees viewing angle. For the color reconstruction, calculation system of the fringe pattern employs the calculation algorithm of computer-generated rainbow hologram. To reconstruct 3D image from wide viewing angle CGH, calculation system required the hidden surface removal method. Since the reconstructed image of the proposed CGH is close to the hologram plane, the part of the small calculation area required the several viewpoints information. Therefore, we have proposed the improved hidden surface removal method which uses the virtual window. The calculation area, which is determined by the virtual window, is added to the object data. As a result, we have achieved about 180 degrees viewing angle and the full color floating image display.

研究分野：計算機合成ホログラムを用いた3次元ディスプレイの開発

キーワード：ホログラフィ 計算機合成ホログラム 3次元表示 実像 広視域 隠面処理 フルカラー

1. 研究開始当初の背景

「アバター」などの3D映画や3Dテレビの発売などにより、3次元映像に注目がされた。3次元画像表示技術の1つであるホログラフィは、光の干渉・回折を利用して物体の全ての情報を記録再生する技術であり、両眼視差、輻輳、焦点調節などの人が立体視をするときの生理的要因を全て満たすことができる。光の干渉現象を計算機により計算し、特殊な表示装置を用いて表示することで、自然な3次元像を再生することが可能である。このように、数値計算により求めたホログラムを計算機合成ホログラム (CGH: Computer-Generated Hologram) と言い、仮想物体の再生や動きのある3次元像の再生などが実現できる。しかし、CGHは高分解能・高解像度の出力装置を必要とするため、大型のものはほとんど報告されていない。また、ホログラフィが3次元の像を空間に再生できる技術でありながら、ほとんどの場合ディスプレイ面よりも奥に3次元像を再生している。この場合観察者はホログラムを通して像を観察するため、空間に像があることを認識しづらく、ホログラフィの特性を十分に表すことができない。ホログラムから再生された立体像を観察するには、観察者の視点と像を結ぶ直線上にホログラムがなくてはならない。このため、ディスプレイとして実用的な像サイズ、視域の広さの再生像をホログラム面より手前に表示させようとする、非常に高解像度、高精細なホログラムが必要となってくる。

これまでに著者らのグループは、視域の問題を改善するため、ホログラムの形状を半円筒状にすることにより、像が浮かび上がるディスプレイの広視域化 (約180度) を実現した。しかし、再生される像は単色のものであった。

2. 研究の目的

本研究では、広視域なディスプレイの特徴はそのままに、ディスプレイ面よりも飛び出しているカラー像を再生できるディスプレイの開発を行う。浮かび上がるカラー像を再生するためのディスプレイの開発として以下の項目の達成を目的とする。

- (1) 浮かび上がる像の広視域化とカラー化の実現のため、レインボウホログラムの手法を応用した新たな光学モデルを提案し、干渉縞計算のソフトを製作
- (2) 既存の光学系を改良した、フルカラー像再生用の光学系の設計・製作
- (3) 半透明像の問題を防ぐための隠面処理の手法を確立

レインボウホログラムは、垂直視差を犠牲にしてフルカラーの像が再生可能なホログラムとして知られている。これまでに、申請者らのグループでは、計算機合成レインボウホログラムの計算手法を確立している。そのため、本研究では、半円筒形状のレインボウホログラムを計算するため、新たな光学モデル

を設計し干渉縞を計算する。

次に、フルカラーの3次元像を再生するための再生装置の設計・製作を行う。半円筒形上のホログラムは、3次元像を再生するため半円筒ミラーと回転ミラーを有する特殊な再生措置が必要となる。これまでの再生装置は単色の再生像を再生するため、赤色レーザを照明光として用いていた。本研究では、フルカラー像を再生するため、白色光を用いた光学系を構築する。

最後に、記録する物体データの生成と広視域にわたる隠面処理手法の改善を行う。本研究で作製するディスプレイは、180度近い視域を有するため、単一の視点から隠面処理されたデータを用いると、異なる視点から観察したときに像の欠けや重なりが生じてしまう。そこで、複数の視点から隠面処理されたデータを用いることで、どの視点からも正しく隠面処理された再生像を観察することができる。

3. 研究の方法

(1) 干渉縞生成ソフトの制作

これまでのレインボウホログラムの計算手法は、平面形状の干渉縞を計算するものであった。本研究では、垂直方向視差を制限しカラー化を実現するため、図1のような半円筒形状の仮想スリットを用いた光学モデル設計する。新たに設定した仮想スリットを用い干渉縞を各色成分(RGB)ごとに計算し、足し合わせることでスリットを設置した位置において広視域のフルカラー像の再生を行う。

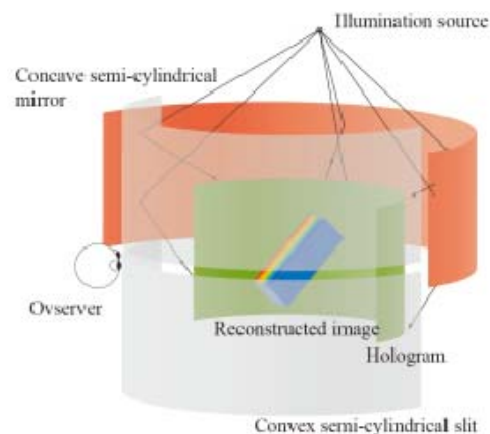


図1 仮想スリットを用いた光学モデル

(2) 再生光学系の設計と製作

再生光学系は単色の半円筒型の光学系を改良する。以前の光学系は単色のレーザからの光を回転ミラーに照射することで、ホログラムの外側に配置した半円筒ミラー全体に照明光が当たりホログラム全体を照明することを可能としていた。本研究ではフルカラーの像を再生するため、以前の赤色レーザを白色LEDに変更する。本研究で計算するホログラムの参照光は点光源を用いている。この

ため、白色 LED をそのまま利用すると、光源の大きさによる像のボケが生じてしまう。そこで、レンズや絞りをを用いて光源におけるノイズを少なくすることで、鮮明な像の再生を行う。(図2)

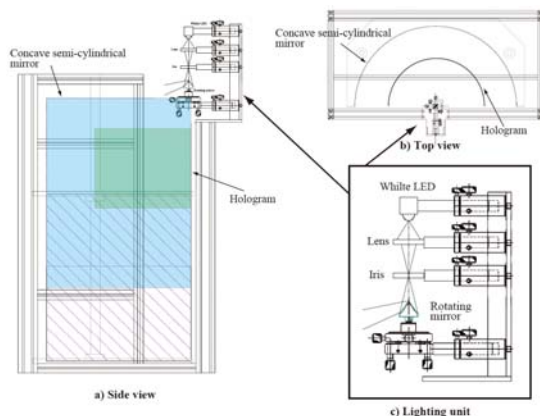


図2 再生光学系

(3) 隠面処理手法の改善

広視域の計算機ホログラムを作成する際に単視点から隠面処理された物体データを用いると、他の視点から像を観察したときに像の欠けや重なりが生じてしまう。そこで、複数の視点から隠面処理されたフルカラーの物体データを作成し、視点と半円の中心を挟んで対象な位置にある干渉縞の計算に用いる。

複数の視点から隠面処理された物体データを用いることで、像の欠けや重なりはある程度解消は可能であるが、本研究における像の再生位置がホログラム面に近いため、まだ像の欠けや重なりが生じる可能性がある。ホログラムにおいて像を観察する際、像の後方(または前方)にホログラムが存在しなくてはならない。このため、本研究のようにホログラム面に近い像の場合、広い範囲のホログラムからの回折光が3次元像を形成している。これは、ホログラムのある一部分に様々な方向の像の情報を持っていることを意味する。しかし、前述の方法ではある一領域のホログラムに対しては、ある視点からの物体データを用いて計算を行っていた。再生像が小さい場合にはこの影響は少ないが、再生像が大きくなるにつれてこの影響が顕著に表れる。そこで、図3のような仮想窓を用いて物体データ生成時にホログラム面上での計算領域を付加し、計算領域に沿って干渉縞を計算することで、どの視点からも正しく隠面処理された再生像が観察できるようにする。

4. 研究成果

レインボウホログラムの光学モデルを応用した半円筒計算機合成ホログラムを出力することで、実像再生型のフルカラー立体像を再生することができた。この時、白色光を用いた新しい再生光学により、約180度近い視域を実現することができた。

どの視点からも正しく隠面処理された再

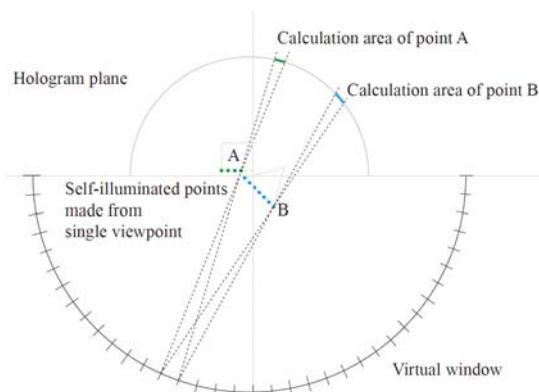


図3 仮想窓を用いた計算範囲の算出

生像を観察できるよう、仮想窓を用いた計算範囲の付加を物体データに行った。この計算範囲に基づき図4のような3次元CGデータの像を再生した結果、図5のように像の重なりや欠けのない像を再生することができた。しかし、再生像の色味や鮮明さはもとのデータを十分に再現できていない。これは、計算機合成ホログラムの出力装置を不安定さが原因であると考えられる。そのため、今後の研究では出力装置の改良を行いさらに鮮明な像の再生を行っていきたい。また、計算範囲の付加や計算範囲に基づいた干渉縞の計算を行ったため、計算時間が約30%増加してしまった。

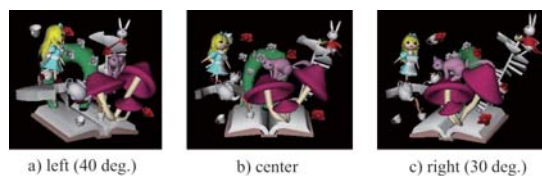


図4 3次元ポリゴンデータ

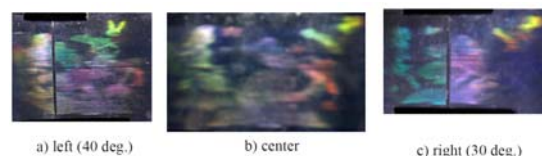


図5 再生像

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

- ① 山口健, 吉川浩, 「Improved hidden surface removal method for computer-generated alcove hologram」, Proc. SPIE 9386, Practical Holography XXIX: Materials and Applications, 9386-30, 2015 [査読なし] DOI:10.1117/12.2080588
- ② 山口健, 吉川浩, 「Floating full-color image with computer-generated alcove rainbow hologram」, Proc. SPIE 9006, Practical Holography XXVIII: Materials and Applications, 9006-47, 2014. [査読なし] DOI: 10.1117/12.2039022

〔学会発表〕（計2件）

- ① 和田遼介, 山口健, 吉川浩, 「実像再生型半円筒計算機合成レインボウホログラムの作製」, ホログラフィックディスプレイ研究会, 33, 3, pp. 7-10, 2013年9月6日, 日本大学理工学部（千葉県, 船橋市）
- ② 山口健, 吉川浩, 「計算機合成アルコーブホログラムの HPO 化による高速生成」, 平成 25 年電気学会全国大会, セッション 531-C2, 3-029, 2013 年 3 月 22 日, 名古屋大学（愛知県, 名古屋市）

6. 研究組織

(1)研究代表者

山口 健 (YAMAGUCHI, Takeshi)

日本大学・理工学部・助教

研究者番号：90434125