

高解像度コンピュータホログラフィにおけるフルカラー化の試み

宮岡貴史, 松島恭治, 中原住雄*

関西大学システム理工学部 電気電子情報工学科, *機械工学科

概要: 現在のところコンピュータホログラフィによって作成される計算機合成ホログラムの再生には単色の光を必要とし, 再生像も単色になる. そこで, 本研究では単一の白色 LED と RGB カラーフィルターを用いて 3 枚の CGH を再生することで CGH をフルカラー再生することを試みた. またこの時, 広帯域な照明光により発生する色収差を低減するための設計波長を検討し, 実際にフルカラーCGH を作成することによりそれを確認した.

1. はじめに

近年急速に発展したコンピュータホログラフィによって作成される高解像度計算機合成ホログラム (Computer-Generated Hologram: CGH) が再生する空間像は, 単色再生では, 従来の光学ホログラムと肩を並べるまでになっている [1]. しかしながら, 実用的観点からは単色ではなくフルカラーでの再生が必須である. CGH をフルカラーで再生するためには 3 原色の再生照明光を用いて 3 枚の CGH を再生しその再生像を重ね合わせればよい. しかし, 3 色の光源で 3 枚の CGH を再生する光学系は複雑で大きなものになる. 理想的には, 一つの光源と一枚の CGH でフルカラー再生像が得られることが望ましい. このような一枚の CGH によるフルカラー再生の手法としては誘電体多層膜ミラーを用いた積層型の CGH が提案されている[2].

本研究では, このような積層型フルカラーCGH を製作する前段階の基礎研究として, 単一の白色 LED の光をカラーフィルターに通すことで作り出した 3 原

色の照明光で 3 枚の CGH を照明することにより, 高解像度 CGH のフルカラー再生を試みた. またこの時, 色収差によって生じる各色 CGH の再生像間のずれを低減するために, CGH を数値合成する波長(以下, 設計波長)を適切に選択する手法を提案する.

本研究では, この設計波長の選択によって色収差によるフルカラー再生像の色ずれを低減できることを示し, 最適な設計波長の決定方法を検討した結果を報告する.

2. 積層型フルカラーCGH の原理[2]

この手法では, 図 1 に示すように, 白色光の波長成分のうち RGB いずれかの光のみを反射し残りを透過する誘電体多層膜ミラーを用いて各層でその色の光のみを空間変調することにより RGB 各色の像を再生する. 誘電体多層膜ミラーを透過する光は原則として変調を受けないため, 各層がクロストークすることなく RGB の再生像を得ることができる. そのため, 各層を正確に重ね合わせることで, フルカラー再生像が得られる.

3. 白色 LED とカラーフィルターを用いた CGH のフルカラー再生

3.1 フルカラー再生光学系

本研究で用いる再生光学系を図 2 に示す. 光源として白色 LED を用い, その光を 3 つに分けた. それぞれの光を赤, 緑, 青のカラーフィルターに通すことで 3 原色の照明光を生成し, 3 枚の CGH を照明して

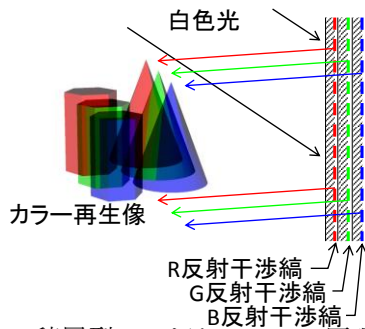


図 1 積層型フルカラーCGH の原理

再生する. その再生光は透過または反射して光路を逆光するため 3 色の再生像が重なり, 観測者はカラー再生像を見ることが出来る.

3.2 設計波長の検討

カラーフィルターは一般に波長帯域が広く, 照明光が広いスペクトルを持ったため色収差が発生する. そのため 3 つの再生像を重ねて見ても再生像が正確に重ならない場合がある. 色収差の大きさや像のずれは, CGH を計算する際の設計波長によっても変化する. そこで本研究では, フルカラー像の色ずれを軽減するため, CGH の設計波長決定法として次の 4 つの手法を試みた.

- (1) 照明光の波長帯域の中心波長
- (2) 照明光スペクトルの積分値を等分する波長
- (3) 照明光スペクトルのピーク波長
- (4) 一般的なレーザーの波長

4. 設計波長検証用 CGH とその再生像

設計波長決定方法による色収差の違いを調べるために用いた CGH の 3D シーンを図 3 示す. この CGH では, 4 つの立方体の干渉縞を上記の設計波長を用いて計算し, 図 3 に示すように一つの CGH を 4 分割しそれぞれの象限に設計波長の異なる 4 つの干渉縞を作成している. ここで CGH のピクセル数とピクセルピッチは水平垂直共に 65,536[pix]と 0.8[μm]である.

実際に作成した CGH を図 2 の光学系で再生した光学再生像を図 4 に示す. この結果から, 右上の手法(2)の設計波長による立方体が最も色収差による色ずれが少なく, 白色のワイヤフレームが再生されていることがわかる.

5. フルカラーCGH “Planet”

フルカラーポリゴンモデルの CGH として, “Planet”と名付けた CGH を作成した. その 3D シーンを図 5 に示す. この CGH の設計波長は手法(2)で決定している. CGH のピクセル数とピクセルピッチは水平垂直共に 65,536[pix]と 0.8[μm]である.

この CGH の光学再生像を図 6 に示す. この結果から色ずれが少ないフルカラーの再生像を得られることが分かった.

6. まとめ

本研究では, 一つの白色光源から CGH のフルカラー再生像が得られることが分かった. また設計波長として照明光スペクトルの積分値を等分する波長を用いることで色収差による位置ずれを軽減できることを

示した.

本研究は, 日本学術支援振興会の科研費(24500133)及び, および文部科学省私立大学戦略研究支援事業(平成 25~平成 29)の助成を受けた.

文献

- [1] K. Matsushima, S. Nakahara: SPIE Newsroom, (6 Nov. 2012). DOI:10.1117/2.1201210.004526
- [2] T. Kämpfe, E. B. Kley, A. Tünnermann, P. Dannberg: Appl. Opt. **46**, 5482-5488(2007).

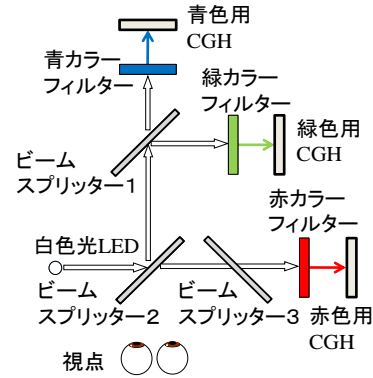


図 2 再生光学系

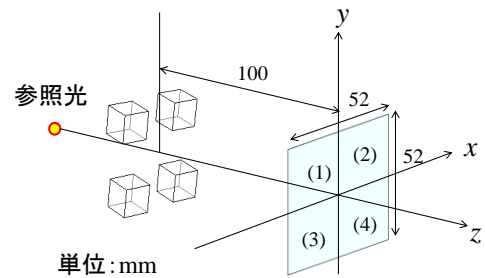


図 3 設計波長検証用 CGH の 3D シーン

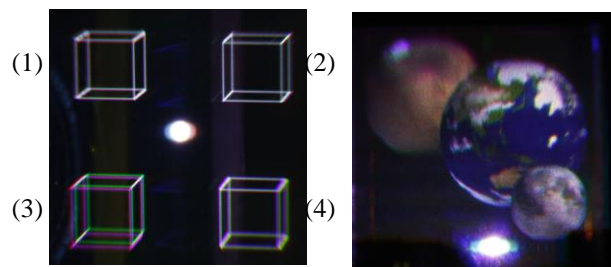


図 4 設計波長検証用 CGH の光学再生像

図 6 フルカラーCGH “Planet”の光学再生像

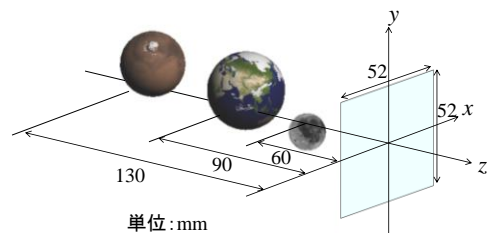


図 5 フルカラーCGH “Planet”の 3D シーン