

## 任意面に再生可能な多色ホログラムの設計手法の提案

奈良工業高等専門学校電子制御工学科○古川 優人◎西田 茂生

## 要旨

任意面に再生可能な多色ホログラムの設計手法の提案をする。計算機合成フレネルホログラムを用いて多色ホログラムを設計するが設定結像距離から少しずれた距離でもぼけた像が残るため、視認性が低下する。本研究では解決策として、再生像の再生距離のずれによる減衰率の向上を行った、ガウス関数補正を付加することで減衰率の向上を実現した。その結果提案した設計手法により任意面への多色ホログラムの再生に成功した。

## 1. 緒言

適当な角度から平面画像を見る、もしくは特殊加工が施された平面画像を 3D メガネを用い見るにより立体視できる手法が確立されている。このような技術を用いた映画鑑賞、遊具用電子機器が発売されている。しかし視認角度により立体視する方法では複数人で像を共有することができない。また、3D メガネによる立体視の技術は錯覚によるものであるため、機器の使用は脳への負担が大きく不快感を与える。一方、ホログラム技術を用いて再生された立体像では、上記のような制限なく、輻輳、焦点などにおいて、人間の立体認識感覚を満足させ、複数人で立体表現を閲覧することが可能である。現在、ホログラム技術は紙幣におけるホログラムシール、コンサート演出、広告の立体演出など様々な場面で利用されている。また、電子ホログラフィ、医療関係、設計開発関係における活用が望まれ、複数の企業がホログラム実用化のために研究開発が進めている。

新たなホログラム技術として計算機合成ホログラム(CGH)が目目されている。CGHとはコンピュータ上で物体光と参照光の干渉縞の振幅もしくは位相、あるいはその両方について計算を行い画像データとして保存したホログラムである。人間の立体認識感覚を満足させるホログラムにおいて、CGHは比較的短時間で手軽に設計可能であり、仮想物体像のホログラムを設計することも可能である。現実的三次元表示を行うとき、多色における表示、立体イメージの表示が重要となる。しかし、従来のホログラム技術では、平面における単色再生のみ再生可能であり、任意面における多色像が再生可能なCGHの実用化には至っていない。またCGHはホログラム全体において比較的視認性が低い。CGHの再生を行う際、空間光変調器(SLM)を使用するが、SLMの大きさに応じて視野と視域が狭くなり再生可能な像の大きさが制限される<sup>[1]</sup>。本研究では、任意面に多色像を再生する手法の提案とそのCGHの設計を行う。また、視野域の拡大手法についても提案する。

## 2. 設計手法の提案

本研究では開口の大きさ、開口からスクリーンまでの距離、レーザーの波長によって回折パターンが変化するフレネル回折領域の特性を利用した手法の計算機合成フレネルホログラム(CGFH)の多重ホログラムを使用する。任意面へ回折像を再生するための要点はCGFHによる回折像の減衰である。CGFHの理想は設定した結像距離でのみ回折像が再生され、設定結像距離からずれると像が消散することである。しかし実際には設定結像距離からスクリーンをずらしても、若干の回折像がぼやけて残る。先行研究においてCGFH減衰距離は約0.85mである。そのため提案した手法だけでは任意面に再生する回折像の視認性が悪いことが推測される。提案手法の問題点を解決するにはCGFHの減衰率を向上させる必要がある。そのため減衰率向上手法を2つ提案する。また本研究では空間周波数フィルタリング法<sup>[2]</sup>による視認性向上の確認も行う。

- (1) CGH 設計プログラムの設定波長を変更することで回折像の減衰率を向上させる。しかし設定波長を変更することによって回折像の大きさが異なるので、ビームエキスパンダの倍率を変更させ、像の大きさの調節を行う。
- (2) Gaussian 関数補正を設計プログラムに付与させることで設定結像距離での回折像の明度値を向上させ、像の明確化を行う。

## 3. 実験内容

本研究で行う実験を以下に示す。Fig.1に本研究で使用した実験光学系を示す。ただし、②、③の実験ではFig.1に示した光学系の赤色光路のみを使用。④の実験では不要光の除去を明確にするために不要光の多い緑色光を使用するため緑色光路のみを使用する。

- (1) Gaussian 関数補正の有用性の確認をシミュレーションを用いて行う。設定結像距離を1.0mとして、1.0m, 1.1m, 1.5mでの回折像を確認する。設計像はFig.2(a)の画像を用いる。
- (2) Gaussian 関数補正の有用性の確認を光学系を用いて行う。設定結像距離を0.70mとし、Gaussian関数の分散値を変更し計測を行う。再生された回折像を従来の回折像と比較する。
- (3) 設定プログラムの設計波長変更による減衰率の向上確認を行う。赤色光の回折像の再生を行う。CGFH設計プログラムの設定波長を変更させ、減衰幅の計測を行う。
- (4) 空間周波数フィルタリング法の有用性の確認を行う。従来の設計手法による回折像と提案手法による回折像の視認性を数値化し比較する。設計像はFig.2(b)を使用する。
- (5) 任意面への多色像再生実験を行う。Fig.2(c)(d)に示す設計像を使用し実験を行う。平面へ回折像の再生を行い、提案手法が多色像再生に有効であることを確認する。またFig.3に示す最底と最頂の差が50mmであり、10mmずつの段差のあるスクリーンを用いる。各高低位置において多色像が再生された場合、これは任意面に再生可能な多色像であるとする。Gaussian関数の分散値を0.05としてCGHの設計を行う。再生後、回折像のRGB値を検出し、各色の各高低位置においてRGB値の誤差を検出する。

## 4. 実験結果

## 4.1. 減衰率向上手法のシミュレーション実験の有用性確認結果

シミュレーション結果をFig.4に示す。シミュレーション上では回折像は白く表示され、回折像が四方に拡散していくように減衰していく。提案した手法による回折像は従来の回折像よりも短区間で大きく減衰していることが分かる。また描写位置を0.90m, 0.50mに設定しても1.1m, 1.5mと同様の回折像が再生された。この結果からGaussian関数による補正は減衰に影響を与えることが可能であると言える。

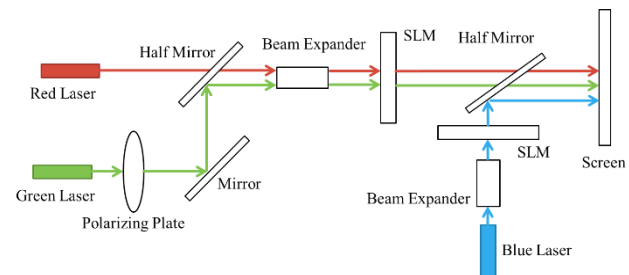


Fig.1 Optical system

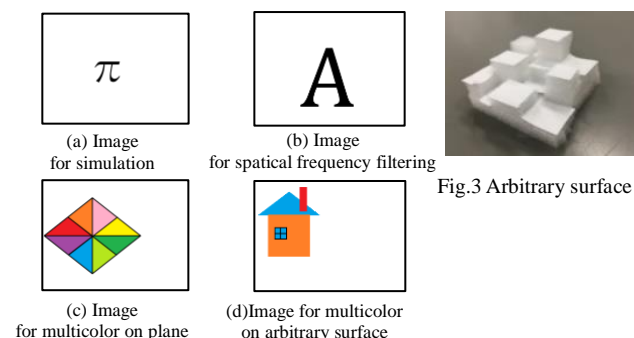


Fig.2 Design image



Fig.3 Arbitrary surface

	Imaging distance		
	1.0m	1.1m	1.5m
Conventional method	$\pi$	$\pi$	
Novel method	$\pi$		

Fig.4 Simulation results

4.2. Gaussian 関数補正の光学系実験による有用性確認結果

従来の手法と CGFH 設計アルゴリズムに Gaussian 関数を付加し、分散値を 0.1, 0.075, 0.05 とした場合の減衰値を比較する。スクリーン位置を 0.50m~1.0m まで移動させ各結像距離で回折像の再生を行う。結像距離を横軸、明度値を縦軸としたときの結果を Fig.5 に示す。結像距離が 0.70m から 0.6m の回折像の減衰率は、分散値が 0.1 の場合 23.8%, 従来の再生像の減衰率の 42.2%となる。分散値が 0.075 の場合は 60.3%, 0.05 は 89.3%となり、分散値が小さくなるにつれ、明度値の減衰率が向上し、設定結像距離では明度値が向上していることが確認できる。

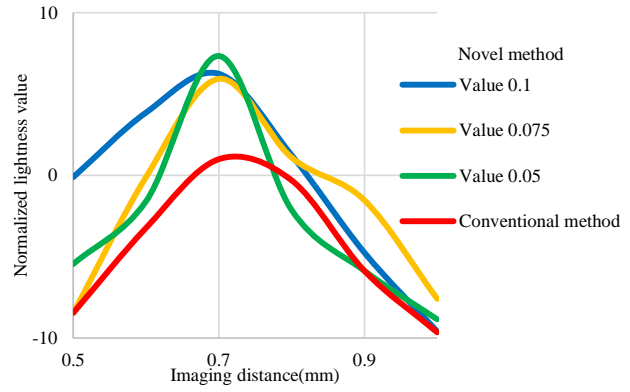


Fig.5 Correction result by Gaussian function

4.3. 各波長の変更による有用性確認結果

従来の CGFH 設計プログラム設定波長 632.8nm を 700nm, 800nm, 900nm, 1000nm, 1200nm, 1400nm, 1600nm に変更して減衰幅を計測し比較を行う。設計波長を増加させていくにつれて、減衰幅が減少していくことが Fig.6 の結果より確認された。しかし波長 1600nm 以上に設定すると共役像が再生され、視認性が著しく低下することが確認された。

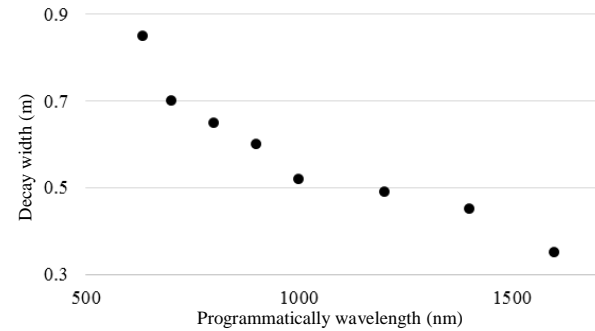


Fig.6 Decay width by each wavelength

4.4. 視認性向上手法の有用性確認結果

従来の設計プログラムと空間周波数フィルタリング法を付加した設計プログラムにより設計された 2 つのホログラムの比較を行った。再生された不要光の減衰率の比較を行った結果を Fig.7 に示す。空間周波数フィルタリング法を付加することによって像の視認性が向上した。設計像との一致率より再生像の視認性を導出した。その結果再生像の視認率は 16.7%向上した。よって空間周波数フィルタリング法の有用性が確認された。

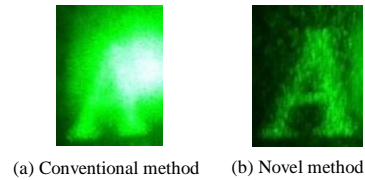


Fig.7 Spatical frequency filtering

4.5. 3 色光源を用いた任意面への多色像再生実験結果

平面と任意面へ多色像の再生を行う。また平面へ再生された多色像の結果より、各色の RGB 値を導出する。また任意面へ多色回折像の再生結果より、各高低位置の RGB 値を導出し、提案手法が有効であることを確認する。Fig.8 にそれぞれの多色像による出力色の RGB 値を示す。また任意面への多色像を Fig.9 に示し、RGB 値を導出する。Fig.8 の実験結果より多色像を再現できた。このことより提案手法で同時に赤色寄り、緑色寄り、青色寄りの混色を再生可能であることが確認できた。Fig.9 の結果より設計像と再生された回折像の RGB 値を比較した。その結果、各色の各高低位置の RGB 値の誤差は 10%以内であった。よって任意面に多色像を再生可能であることが確認できた。

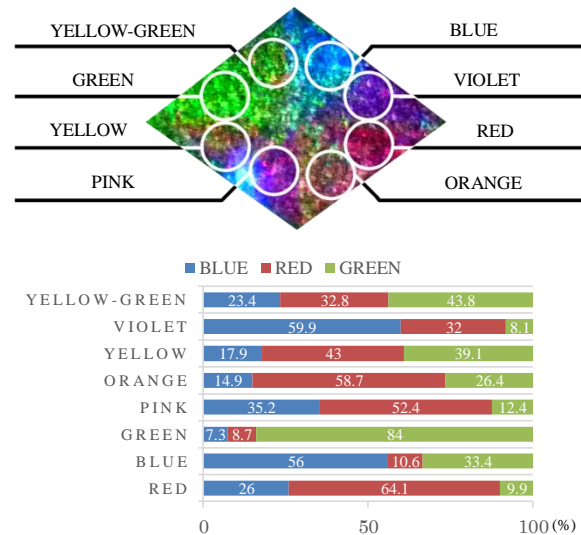


Fig.8 Multicolor diffraction image on plane

5. 結言

CGFH 設計プログラムへ Gaussian 関数補正を付加することによって、結像距離からのずれによる回折像の減衰率の向上を実現することができた。提案した手法によって設計した CGFH により多重ホログラムを設計することで、任意面への多色像の再生を実現することができた。また空間周波数フィルタリング法により像の周辺に現れる不要光の除去を行い、多色像の視認性を向上させた。

参考文献

[1]Computer Generated Hologram Group, 北海道大学大学院 情報科学研究科 メディアネットワーク専攻 メディア創生研究室 [http://cgh.ist.hokudai.ac.jp/cgh/cgh\\_principle.html](http://cgh.ist.hokudai.ac.jp/cgh/cgh_principle.html) 2017 年 8 月 25 日

[2]坂本雄児, 空間周波数フィルタリング法による計算機合成ホログラムの共役像除去 [https://www.jstage.jst.go.jp/article/itej1997/59/4/59\\_4\\_588/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/itej1997/59/4/59_4_588/_pdf) 2017 年 6 月 12 日

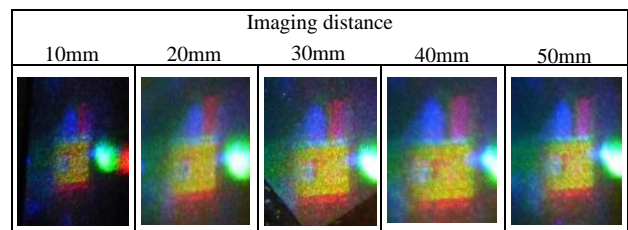


Fig.9 Color scheme value by projected image by arbitrary surface