

計算機レインボーホログラムによるカラー再生

吉川 浩

レインボーホログラム¹⁾でマルチカラーの再生像を得る方法には、複数の波長による記録²⁾と、参照光または物体光(スリット)の角度を変えて多重露光する方法³⁾がある。計算機により合成するレインボーホログラムでも、光学的な方法と同様にしてマルチカラー化をすることが可能である。本稿では、マルチカラーレインボーホログラムの計算方法と再生像の例を紹介する。

1. レインボーホログラムの計算とカラー化の原理

レインボーホログラムの合成において、3次元物体は点光源の集合体と仮定し、物体光と参照光の干渉縞を求めるフレネルホログラムの計算を行う。このとき、図1に示すように縦方向視差を棄却するための仮想スリットを置くことでレインボー化を行う⁴⁾。仮想スリットの役割は、各点光源からの波面のホログラム上での計算範囲を、仮想スリットを通過する光のみに制限することである。これにより、スリットでの回折以外は光学的レインボーホログラムを忠実に再現することができる。また、点光源の代わりに線光源とすることで物体からの波面の位相が上下方向に一定となり計算を簡略化できる⁴⁾。

マルチカラーとするためには、波長を変えて計算したホログラムを単純に加算するだけでよい。光学的なホログラムでは、波長を変えるためには複数のレーザーが必要で感光材料の分光感度やレンズの色収差などが問題となるが²⁾、計算機ホログラムの場合はこの方法が便利である。光学的な擬似カラーホログラム³⁾と同様に、同一波長で参照光または物体光のホログラムへの入射角を変化させて計算した複数のホログラムを重ねてもマルチカラーとなるが、記録時(計算時)と再生時の波長の違いにより結像位置が変化するので、波長ごとに補正が必要となる。

なお、階調数の少ない媒体に出力する場合は、各色のホログラムを加算する代わりに、ホログラム面を分割して場所ごとに異なる色のホログラムを記録してもよい⁵⁾。

2. 再生像の例

写真縮小により製作したフルカラー計算機レインボーホログラムの再生像の例を図2, 3に示す。図2(a), 図3(a)はホログラムの計算に用いた物体データをコンピュータグラフィックス(CG)として表示した。図2(b)は図2(a)のCGデータを点光源の集合に変換して⁶⁾フレネルホログラムとして計算した結果である。図3(b)は図3(a)のCGデータをもとにホログラフィックステレオグラム⁷⁾の手法により視点の異なる多数の2次元画像からホログラムを計算した⁷⁾。カラー化には複数の波長で計算する方法を用いた。いずれの場合ももとなる物体データのCG表示に近い色が再現されていることがわかる。実際の像は3次元で記録しているので、視点を左右に移動すると視差により前後の物体の位置関係が変化する。また、レインボーホログラムであるので、視点を上下に移動すると再生像の色が変化する。

ホログラム計算時の画素数は図2(b)が7200×4800、図3(b)が9600×6144である。ホログラムは256階調で計算し、レーザープリンターに出力する際に誤差拡散法による擬似階調表現を行い、グレースケールでの記録が可能なミニコピーフィルム(富士写真フィルム社製)で撮影した。フィルム上でのホログラムの大きさは25mm×16mmである。このホログラムを背面からハロゲンランプで照明し、ホログラムの正面500mmほどの位置から

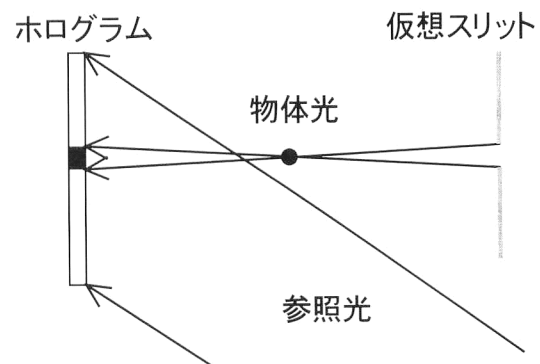


図1 レインボーホログラムの計算モデル。

日本大学理工学部電子工学科 (〒274-8501 船橋市習志野台 7-24-1)
E-mail: hirosi@ecs.cst.nihon-u.ac.jp

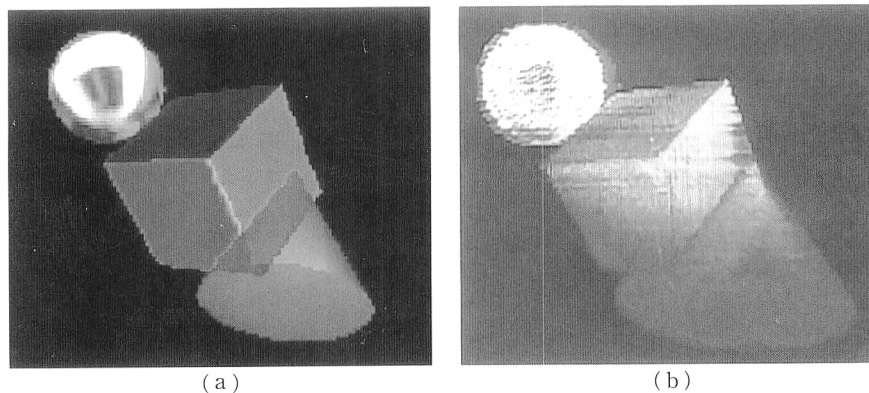


図2 点光源の集合として計算したフルカラー計算機レインボーホログラム。(a) 物体データのCG, (b) 再生像.

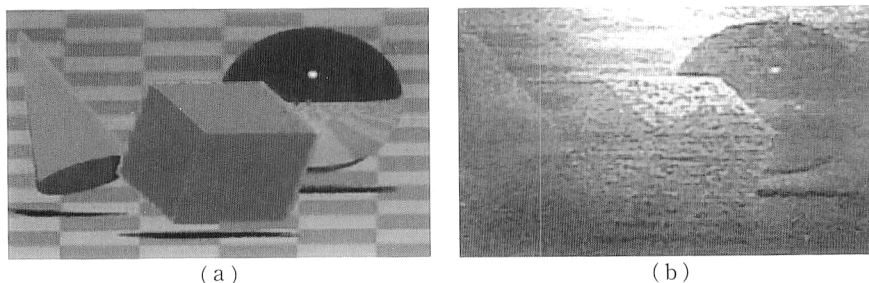


図3 ステレオグラムとして計算したフルカラー計算機レインボーホログラム。(a) 物体データのCG, (b) 再生像.

CCDカメラにより再生像を撮影した。使用したCCDカメラの絞り値は $F=11$ 、焦点距離は $f=50\text{ mm}$ であり、レンズの瞳の大きさは約 4.5 mm と人間の瞳の大きさとほぼ等しい。

写真縮小という簡易な方法でも計算機レインボーホログラムでフルカラーの再生像を得ることができた。ホログラムの出力にレーザー描画や電子線描画を利用すれば、より高画質なカラーホログラムが実現可能である。

文 献

1) S. A. Benton: "Hologram reconstruction with extended incoherent sources," *J. Opt. Soc. Am. A*, **59** (1969) 1545.

2) 鈴木正根, 斉藤隆行, 松岡 猛: "カラーレインボウ・ホログラム", *光学*, **7** (1978) 29-31.
 3) P. N. Tamura: "Pseudocolor encoding of holographic images using a single wavelength," *Appl. Opt.*, **17** (1978) 2532-2536.
 4) H. Yoshikawa and Y. Taniguchi: "Computer generated rainbow holograms," *Opt. Rev.*, **6** (1999) 118-123.
 5) T. Hamano and M. Kitamura: "Computer-generated holograms for reconstructing multi 3-D images by space-division recording method," *Proc. SPIE*, **3956** (2000) 23-32.
 6) 藤井知彦, 吉川 浩: "CGを利用したフレネルホログラムのシェーディング処理", *ディスプレイ・アンド・イメージング*, **8** (2000) 225-231.
 7) 吉川 浩, 菅原賢司: "計算機合成レインボウホログラムのイメージ型ステレオグラム化", *映像情報メディア学会誌*, **53** (1999) 910-912.

(2000年10月12日受理)