

# レーザープロジェクタを照明光源とする 高解像度 CGH によるアミューズメント Amusement by High-Definition CGH Using Laser Projector as Illumination Light Source

森川凌

松島恭治

Ryo Morikawa

Kyoji Matsushima

関西大学 システム理工学部 電気電子情報工学科

Department of Electrical and Electronic Engineering, Kansai University

## ABSTRACT

Although high-definition CGHs have capability of reconstructing a very impressive deep 3D scene, only the still image can be reconstructed because their gigantic number of pixels. Therefore, amusement games, in which only the illuminating light is changed, are proposed in this paper. Actually, two games are developed: “3D peeping” game where the player find out the 3D object by seeing it through a small hole produced by the spot illumination, and “Spot the 3D difference” game that is a 3D version of ordinary “Spot the difference”. These games are implemented by Unity and demonstrated using actual high-definition CGHs.

**Keywords:** 計算機合成ホログラム, アミューズメント, ゲーム

## 1. はじめに

高解像度の計算機合成ホログラム(CGH)は立体感の矛盾が全くない深い 3D 映像を再生できるため、従来とは全く異なった映像メディアとなりつつある。しかし、その干渉縞イメージの画素数は数百億~千億画素にも達しており、現在の技術では静止画しか再生できない。そのため、立体画像を鑑賞する以外のアミューズメントの可能性は非常に低いと言わざるを得ない。

一方、近年、再生照明光の入射角を従来よりも大きくする干渉縞オーバーサンプリングと呼ばれる技術が用いられるようになり[1], RGB レーザー光源を内蔵した超短焦点プロジェクタを照明光源として用

いることで、大変見やすい再生像が得られるようになっていく。現在のところ、この超短焦点プロジェクタは狭帯域の 3 波長白色光を発する光源としてのみ用いられているが、当然ながら、通常の 2D 映像あるいは照明光パターンを投影することもできる。

そこで本研究では、CGH の静止画 3D 映像を超短焦点プロジェクタで再生し、照明光パターンを変化して遊ぶゲームを高解像度 CGH を用いたアミューズメントとして提案する。

## 2. 高解像度 CGH を用いたゲームの開発

高解像度 CGH を用いたゲームの構成を Fig.1 に示す。このゲームのハードは、干渉縞オーバーサンプリングの技術を用いた高解像度 CGH とそれを再生するためのコヒーレントな照明光源である超短焦点プロジェクタで構成されている。一方ソフトは、Unity Technologies 社が提供するフリーのゲーム開発プラットフォームである Unity を利用して開発している。

---

森川凌

<morikawa@laser.ee.kansai-u.ac.jp>

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

TEL 06-6368-1121(内線 5722)

## 2.1. 超単焦点プロジェクタの利用

本研究では, Unity でレンダリングした 2D 映像を高解像度 CGH を照明している SONY 製の超短焦点プロジェクタに表示している. 用いた超単焦点プロジェクタの仕様を Table 1 に示す. このプロジェクタに複雑な 2D 映像を投影することも可能であるが, 高解像度 CGH の再生像とプロジェクタによる投影像が重なるだけになってしまうため, 本研究ではプロジェクタの照明光パターンのみを変化して遊ぶゲームとした.

## 2.2. プロジェクタ投影像の補正

プロジェクタを高解像度 CGH の照明光源としてのみ使用する場合は, プロジェクタの投影像が歪んだとしても問題はない. しかし, 照明光パターンを正確に投影するためには, 像の歪曲を防がなければならない. プロジェクタ本体に搭載された台形補正機能ではこの歪みに対処することができなかった. そのため本研究では, Fig.2 に示すように, 照明光投影パターンを Unity でレンダリングする 3D 空間内の平面物体のテクスチャとして作成し, Fig.1 に示した CGH の傾き角  $\theta$  と同じ角度だけその平面を回転させることで補正を行った.

## 3. 高解像度 CGH を用いたゲーム

高解像度 CGH を用いたゲームの開発を行う以上, CGH の特徴を十分に活かしたゲームあることが重要である. 本研究では, 静止画しか再生できないという制約の下で, 高解像度 CGH の静止画 3D 映像とプロジェクタの投影パターンを用いたゲームのアイデアを考えた.

### 3.1. 立体像当てゲーム

Fig.3(a)のように CGH の干渉縞全体をプロジェクタ光で照明して像を再生するのではなく, (b)のようにスポット照明とすることで, 干渉縞の一部だけから像を再生する. この場合, スポット照明が当たっている部分だけがホログラムの像を再生するため, その部分があたかも 3D 空間に対する窓として働き, 小さな窓穴を通して広い空間を除き込むような形になる. そこで本研究では, 照明光スポットのサイズ,

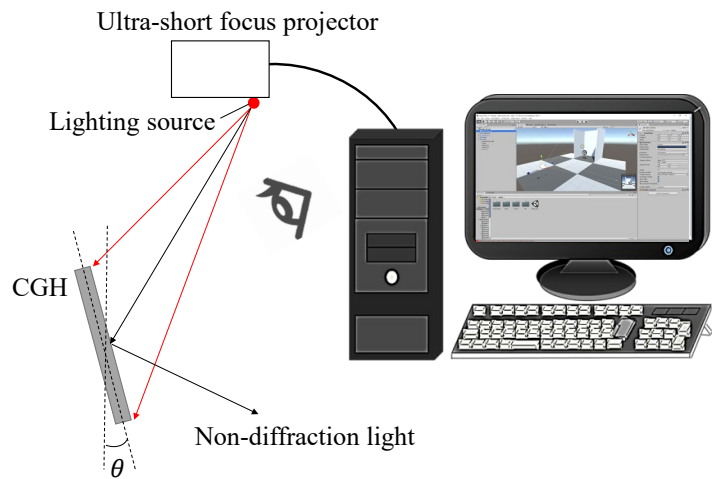


Fig.1 Setup for amusements using a high-definition CGH and ultra-short focus projector.

Table 1 Specifications of the ultra-short focus projector.

Model number	LSPX-P1
Projection method	Primary color liquid crystal shutter projection method
Focus	Auto
Screen size	22 inch - 80 inch
Light source	Laser diode
Brightness [lm]	100

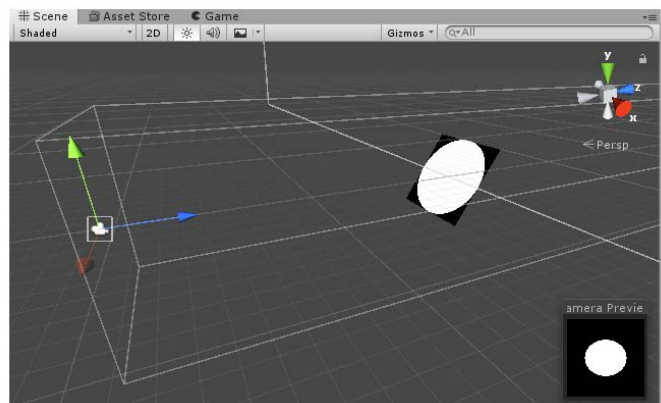


Fig.2 Distortion correction through rendering by Unity.

位置を制御し, 穴から覗き込んで全体がどのような物体であるのを推測する「立体像当てゲーム」を考案した. このゲームはどのような物体であるのかを推測するゲームであるため, どのようなデザインの CGH でもコンテンツと用いることが可能である.

### 3.2. 立体間違い探しゲーム

高解像度 CGH では様々な仮想物体を空間に配置してオクルージョンを再生し, 深い奥行き感を生み出すことが可能である[2]. そこで本研究では, 投影光を制御して 2 つのよく似た 3D モデルを交互に

再生し、その間違いを見つける「立体間違い探しゲーム」を考案した。例えば、Fig.4 (a)のように、物体の前後関係を変えて配置すると、Fig.4 (b)のように正面から見たとき、その正投影では2次元的な配置は同じになる。そのため、正投影した2D映像では全く違いがわからず、調節を刺激しない従来の3D映像であれば、視点を変えてようやく間違いを発見することができる。ホログラムの場合は調節による距離感もあるので、視点を動かさなくても間違いは発見できるが、前後差が小さければ発見は難しいと考えられ、ホログラムの特徴を活かしたゲームになるのではないかと考えた。

#### 4. 実際のゲームの作成

提案したゲームを作成し、アミューズメントとしての確認を行った。提案した2つのゲームの共通事項として、タイトル画面、説明画面、ゲーム画面、解答画面の4つの画面構成となっている。これらの画面は、ゲームソフトを実行しているPCのメインモニタに表示し、セカンドモニタとして接続した超短焦点プロジェクタで照明光の動きをコントロールしている。なお、本ゲームはキーボードのみでゲームを進める簡易的な仕様となっている。

##### 4.1. 立体像当てゲーム

本ゲームは、照明スポットで生成した除き穴から覗いて物体を言い当てるゲームであるため、可能な限りスポットを動かせる範囲が広く、大型のCGHを用いる方が面白いと考えられる。ホログラムのサイズが小さいと、照明光のスポットの移動可能領域を十分確保できず、面白みに欠けてしまう。そこでサンプルコンテンツとして本研究室で作製した高解像度CGHであるSailing Warship IIを用いている[3]。CGHのパラメータをTable.1に示す。また、スポット照明の光学再生像をFig.5に示す。このCGH全体の再生像はFig.4(a)に示されている。本ゲームは、まず一つの小さなスポットがCGH内に現れ、動くようになっている。スポットは時間が経つに従って徐々に大きくなり、数も増えるようになる。最終的

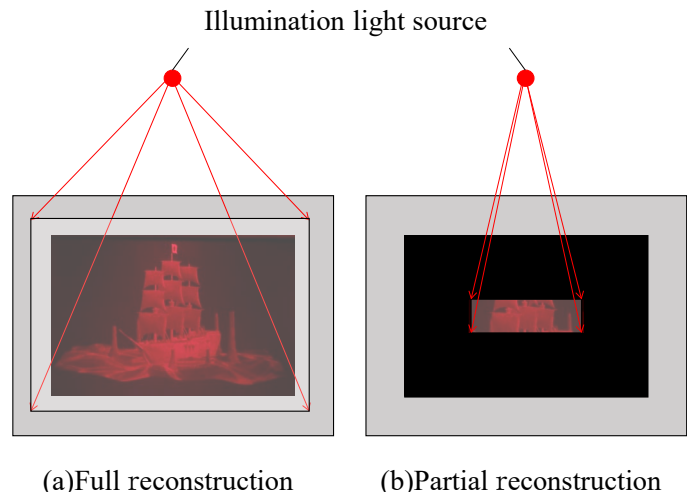


Fig.3 The principle of "3D peeping" game.

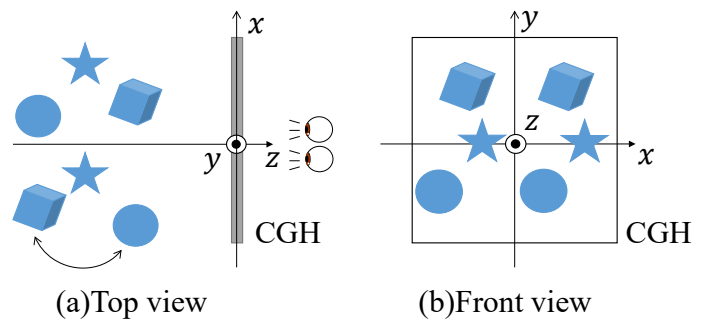


Fig.4 Difference setting by swapping the depth position.



Fig.5 Optical reconstruction of the "3D peeping" game.

Table.1 Parameters of CGHs used for the amusement.

	Sailing Warship II	Spot the 3D difference
Number of pixels	225,000 × 300,000	65,536 × 131,072
Pixel pitches [μm]	0.8 × 0.4	0.8 × 0.4
Size of CGH [cm <sup>2</sup> ]	18.0 × 12.0	5.2 × 5.2

に CGH 全体が照明されるまでが制限時間であり、短時間で当てると高得点が出るようになっている。また、本ゲームの欠点としては、一つの CGH で一度

遊んでしまうと二度目は遊べず、コンテンツ(CGH)を交換しなければならない点である。どのようなCGHでも遊ぶことができるが、大きなCGHの方が小さなものより像を観察しやすいため、大規模なCGHの方が好ましい。しかし、大規模なCGHによるコンテンツを大量に用意することは難しい。そのため、一つのCGHで複数回遊べるゲームシステムが好ましいと思われる。例えば、照明光のスポットを動かして、星が何個存在するかを当てるという内容であれば、一度では全て見つけれない可能性があるため、一つのコンテンツで複数回遊ぶことができるのではないかとと思われる。

#### 4.2. 立体間違い探しゲーム

「立体間違い探しゲーム」のサンプルコンテンツに用いた高解像度CGHであるSpot the 3D differenceの物体配置と正投影した正面図をFig.6に示し、パラメータをTable 1に示している。実際のCGHでは、二つのCGHを一つに基板に作製している。両方を同時に照明した時の光学再生像をFig.7に示す。また、このCGHでは、3節で述べた前後関係の差異の他に、ある物体の背後に同じ形状の物体をもう一つ配置することによる間違いを設定した。しかし、実際の光学再生像では、Fig.7(a)のように、正面から見た時に透視投影で見えてしまう問題がある。そのため、正面から見た時に見かけの大きさが同じになるように前後の物体の大きさを調整する必要がある。物体の背後にもう一つ物体がある間違いは、正面から見てもわからず、Fig.7(b)のように右視点から見ることで間違いが確認できる。

#### 5. まとめ

高解像度CGHを用いたアミューズメントとして2つのゲームのアイデアを提案し、開発を行った。今後は、3Dモデルをもっと複雑にする等の難易度の調整を図る必要がある。

#### 謝辞

本研究は、日本学術振興会科研費18H03349の助成を受けたものである。

#### 参考文献

- [1] K. Matsushima: *Introduction to Computer Holography*, Sect. 8.8.3 (Springer, 2020).

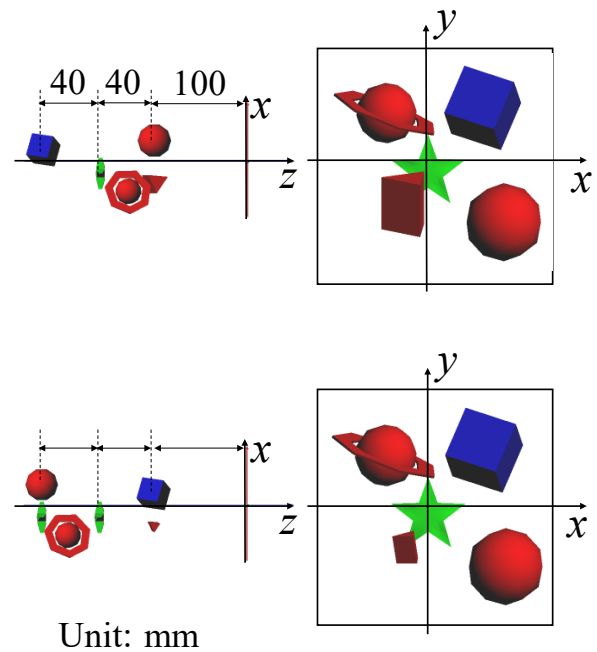
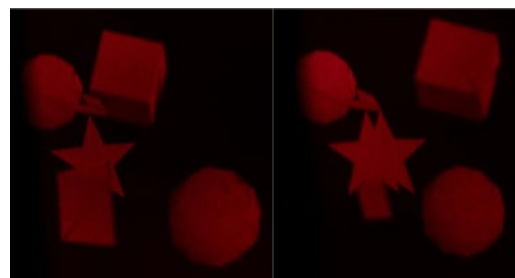


Fig.6 The 3D scenes of the sample CGHs used for “Spot the 3D difference”.



(a) Front view



(b) Right view

Fig.7 The 3D scenes of the sample CGHs used for “Spot the 3D difference”.

- [2] K. Matsushima, M. Nakamura, and 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).
- [3] <https://youtu.be/8USLC6HEPsQ>