

## 二台のホログラフィックプロジェクタを用いた空中像の重ね合わせ Superimposition of aerial images using two holographic projectors

中谷優月<sup>†</sup> 花岡 直弥<sup>‡</sup> 内田 十内<sup>†</sup> 高田 直樹<sup>\*</sup>  
Yuzuki Nakatani Naoya Hanaoka Junai Uchida Naoki Takada

### 1. はじめに

ホログラフィは、三次元物体からの光(物体光)を二次元媒体へ忠実に記録し、記録した媒体から再生光を照射することで、元の三次元物体からの物体光を忠実に再生することができる技術である。これにより、視覚疲労が生じず、様々な角度から眺めることができる。コンピュータで計算して作成したホログラムである計算機合成ホログラム(CGH:Computer-Generated Hologram)は、“究極の三次元テレビ”になると考えられている。だが、CGHの計算量は膨大であり、実用化を妨げている。CGH計算は使用するデータ量に比べ、演算量が多く並列化に向いている。GPUを用いたCGH計算高速化に関する研究が報告されている[1, 2]。

近年、新型コロナウイルス感染症が猛威を振るい、感染症予防対策のために非接触型の空中ディスプレイが注目されている。再帰性透過光学素子を用いた空中ディスプレイや再帰反射材を用いた空中ディスプレイ(Aerial Image by Retro-reflection: AIRR)が提案されている[3]。

著者らは、再帰性反射材とホログラフィックプロジェクタを用いて三次元映像の実像を空中に表示する三次元的な空中ディスプレイを提案している[4]。本研究では、この空中ディスプレイを2台用いて2つの空中像を再生し、スクリーンの位置を変えることで、2つの空中像の重ね合わせを試みた。

### 2. ホログラフィックプロジェクタ

本研究では、CGH計算において点群で構成されたポイントクラウドモデルの三次元物体を用いる。再生する三次元物体の点の位置座標から物体点を点光源として考え、全ての点光源からの球面波の重ね合わせにより、CGH上での光強度を求めることができる。

CGH計算はGPUにて行い、空間光変調器(SLM: Spatial Light Modulator)に計算したCGHを表示する。CGHを表示したSLMに平行光を照射し、再生された実像を距離の離れたスクリーンに対して投影する装置をホログラフィックプロジェクタと呼ぶ。

図1に本稿で使用するホログラフィックプロジェクタの概略図を示す。再生照明光にレーザー光を使用し、対物レンズにて一点に収束させたのち、コリメータレンズにて平行光を作成する。平行光はハーフミラーにて反射され、CGHを表示した反射型のSLMに照射される。その後、SLMから反射した回折光がスクリーンに照射されることで、三次元映像が再生される。

ホログラフィックプロジェクタは、計算によりCGHを変更することで、再生像の位置や大きさ、形等がレンズを用いることなく自在に変更できる。また、1台のホログラフィックプロジェクタで距離や角度の異なる複数のスクリーンに対して焦点の合った映像を投影することも可能である。さらに、図1のように、立体スクリーンへの三次元映像の投影も可能である。

<sup>†</sup>高知大学大学院総合人間自然科学研究科

<sup>‡</sup>高知大学理工学部情報科学科

<sup>\*</sup>高知大学教育研究部自然科学系理工学部門

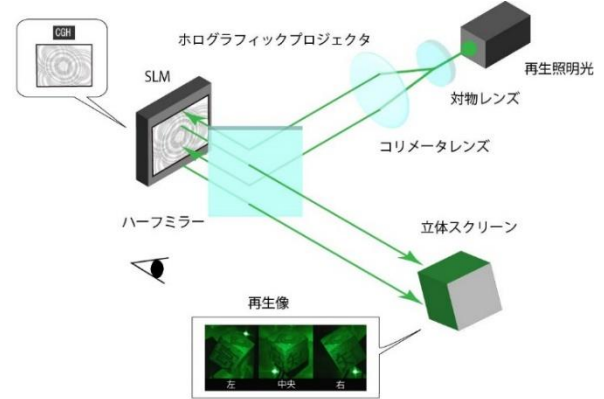


図1. ホログラフィックプロジェクタの概略図

### 3. ホログラフィック空中ディスプレイ

#### 3.1 ホログラフィック空中ディスプレイ

図2にホログラフィックプロジェクタを用いたホログラフィック空中ディスプレイ装置の概略図を示す。ホログラフィックプロジェクタによる三次元映像が立体スクリーンに投影され、立体スクリーンに投影された三次元映像が透過拡散しながらハーフミラーを通過し、再帰性反射材に入射する。その光が再帰反射され、ハーフミラーで反射されることでスクリーンから拡散された光が空中で一点に集まり、スクリーンに再生された像と同じ像が空中に投影される。この空中像は実像であり、ハーフミラーを軸として面対称の位置に投影される。また、この像は複数の観察者が、同時に、様々な方向から眺めることが可能である。

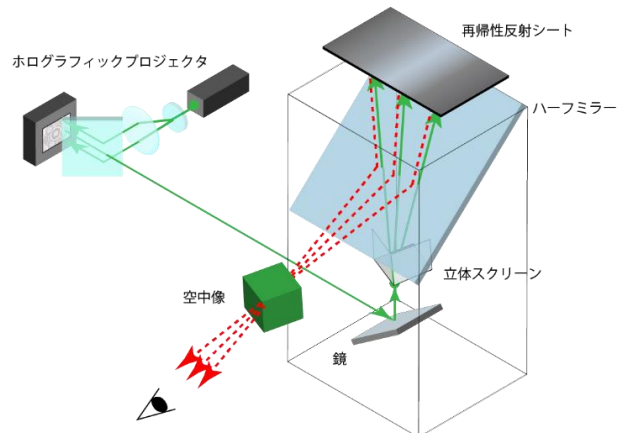


図2. ホログラフィック空中ディスプレイ装置の概略図

#### 3.2 空中像の重ね合わせ

三次元像の空中表示において、空中像の結像位置はハーフミラーを軸としてスクリーンから面対称の位置となる。

そのため、空中ディスプレイ装置を2台並べ、空中像を観察者から見て直線に並ぶように配置することで、2つの空中像が重なって視認できる。また、図3と図4に示すように、スクリーンの位置を変化させることで空中像の結像位

置を変えることができる。そのため、例えばスクリーン B を上下に移動することによって、空中像 B の結像位置が移動し空中像 A, B を重ねることも可能である。

4. 結果

本研究で使用した 2 台のホログラフィック空中ディスプレイを図 5 に示す。キューブ型の立体スクリーンをスクリーン A として、平面のスクリーンをスクリーン B とした。ホログラフィックプロジェクタの SLM として、A には HOLOEYE 社の LETO-3-CFS-127 を使い、B には HOLOEYE 社 PLUTO-VIS を用いた。CGH の解像度は A, B 共に 1,920×1,024 とした。また、本研究で使用した PC の仕様を Table1 と Table2 で示す。スクリーン B の位置をハーフミラーから近くにしたり遠くにしたりすることで空中像 B の位置を調整し、空中像 A との前後関係の観察を行った。

図 6 に空中像 B が前側で結像した場合の空中表示の結果を示す。図 7 に空中像 A が前側で結像した場合の空中表示の結果を示す。図 6 では、空中像 B である星が明るく、空中像 A より手前に見えている。図 7 では、空中像 B である星が暗く、空中像 A が手前に表示されていることがわかる。

5. まとめ

ホログラフィックプロジェクタを用いたホログラフィック空中ディスプレイ装置を 2 台用いて、空中像の重ね合わせを試みた。その結果、二つの空中像の位置関係の違いを視認することができ、また、前の空中像と後ろの空中像を、同時に空中で重なる像を視認することができた。

謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会の科研費・基盤研究(C) (課題番号 24K15048)および競輪の補助により行なわれた。

参考文献

- [1] H. Sannomiya, N. Takada, T. Sakaguchi, H. Nakayama, M. Oikawa, Y. Mori, T. Kakue, T. Shimobaba, T. Ito, "Real-time electroholography using a single spatial light modulator and a cluster of graphics-processing units connected by a gigabit Ethernet network," Chinese Optics Letters, Vol.18, Issue 2, pp.020902-(2020).
- [2] H. Sannomiya, N. Takada, K. Suzuki, T. Sakaguchi, H. Nakayama, M. Oikawa, Y. Mori, T. Kakue, T. Shimobaba, T. Ito, "Real-time spatiotemporal division multiplexing electroholography for 1,200,000 object points using multiple-graphics processing unit cluster," Chinese Optics Letters, Vol.18, Issue 7, pp.070901-(2020).
- [3] H. Yamamoto, Y. Tomiyama, and S. Suyama, "Floating aerial LED signage based on aerial imaging by retroreflection," Optics Express 22, pp. 26919-26924 (2014).
- [4] 森口嘉軌,小田好洗,内田十内,成島佑華,鈴木康平,高田直樹,“再帰反射とホログラフィックプロジェクタを用いた三次元空中表示の検討,”映像情報メディア学会技術報告,vol.45,No.29,pp.13-16 (2021).

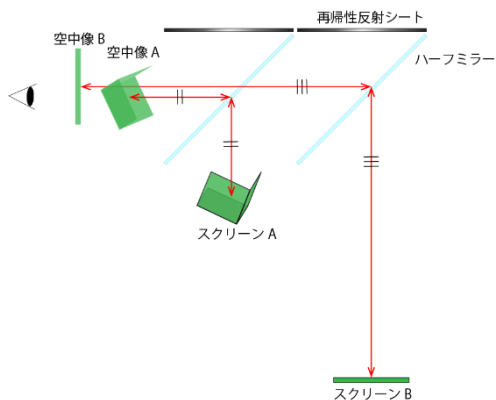


図 3. 空中像の結像位置 (空中像 B が手前)

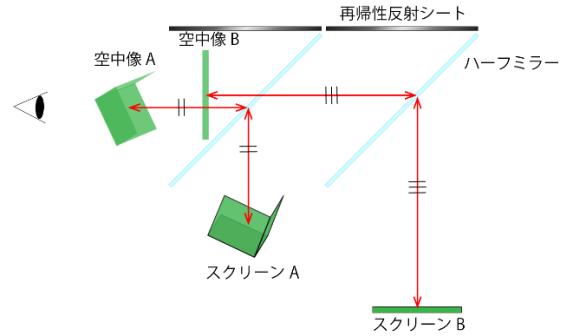


図 4. 空中像の結像位置 (空中像 A が手前)

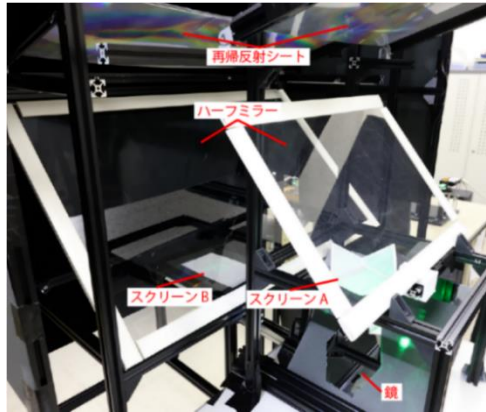
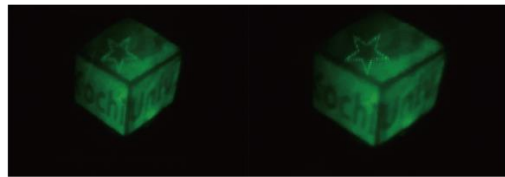
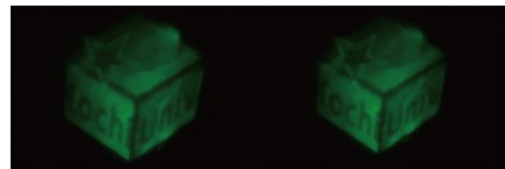


図 5. 空中表示装置



焦点:立方体                      焦点:星

図 6. 再生された空中像 (空中像 B が手前)



焦点:立方体                      焦点:星

図 7. 再生された空中像 (空中像 A が手前)

Table1. A の PC の仕様

CPU	Intel(R) Core (TM) i7-4770
Main Memory	DDR3-1600 8192 MB ×4
GPU	NVIDIA GeForce RTX 3080
Motherboard	ASUS Z97-WS
OS	Ubuntu 20.04.5
Software	CUDA 12.0 SDK

Table2. B の PC の仕様

CPU	Intel(R) Core (TM) i7-8400
Main Memory	DDR4-2133 8192MB ×2
GPU	NVIDIA GeForce GTX 1080Ti
Motherboard	ASUS PRIME Z370-A
OS	Ubuntu 20.04.4
Software	CUDA 11.6 SDK