

指向性ボリュームディスプレイを表示媒体とするホログラフィ投影手法の提案 Proposal of Holographic Projection method using Volumetric Display

諫山 智哉^{*1} 千川 尚人^{*2} 中山 弘敬^{*3} 伊藤 智義^{*1} 白木 厚司^{*1,4}

Tomoya Isayama Naoto Hoshikawa Hirotaka Nakayama Tomoyoshi Ito Atsushi Shiraki

1. はじめに

近年、様々な媒体での 3 次元映像を表示する技術の発展と実用化が進んでいる。中でも光の干渉と回折現象を利用することで記録された 3 次元物体を再生するホログラフィ技術、およびこれをデジタルに取り扱う電子ホログラフィ技術は人間が持つ立体知覚の生理的要因を十分に満たすことが可能であり、注目が集まっている[1]。

しかし電子ホログラフィには再生される映像を観察できる視域角が狭いという研究課題がある。これに対し、本研究では糸を用いた指向性ボリュームディスプレイを表示媒体とすることを提案する。指向性ボリュームディスプレイは複数の方向に対し同時に異なる 2 次元映像を表示可能な体積を持つディスプレイである[2]。これを電子ホログラフィの再生像の光を拡散させる媒体とすることで視域角を拡張することができると考えられる。

また糸とプロジェクタを用いた指向性ボリュームディスプレイは、糸 1 本 1 本に対し焦点を合わせることができないという課題を持っている。これは従来の 2 次元映像を投影するプロジェクタでは糸ごとにプロジェクタからの距離がそれぞれ異なるために生じるものである。これに対し、電子ホログラフィによる投影は糸 1 本ずつに焦点を合わせた 3 次元の再生像を提供できるため、上記と合わせて双方の課題を補い合う新しい表示システムができると考えられる。

以上より指向性ボリュームディスプレイの正面と側面の両方から電子ホログラフィの再生像を同時に観察可能なシステムを構築することを目的とする。

2. 研究手法

2.1 指向性ボリュームディスプレイ

本研究では光線を拡散する媒体として糸を用いるボリュームディスプレイを使用する。ディスプレイの構成を図 1 に示す。

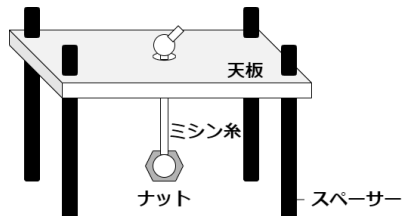


図 1 ボリュームディスプレイの構成

^{*1} 千葉大学工学研究院, Graduate School of Engineering, Chiba University

^{*2} 国立高等専門学校機構 小山高専, National Institute of Technology, Oyama College

^{*3} 国立天文台, Center for Computational Astrophysics, National Astronomical Observatory of Japan

^{*4} 千葉大学統合情報センター, Institute of Management and Information Technologies, Chiba University

ディスプレイは天板、柱、糸の 3 つのパーツからなる。天板はモデリングの後 3D プリンタで作製し、柱となるスペーサー、および糸は天板に空けた穴を通して設置する。糸は正面と側面から見て重ならないように均等に 5×5 の 25 本を配置し、ナットを重りにして固定する。

2.2 電子ホログラフィ

ホログラフィにおける物体像の記録の過程を計算機で仮想的に行う技術を電子ホログラフィと呼ぶ。通常のホログラフィでは、ホログラムと呼ばれる物体を記録する媒体、記録したい物体や光学系といった煩雑な準備を必要とするが、電子ホログラフィはこのような物理的な制約に囚われずに自由度の高い像の再生が可能である。

電子ホログラフィにおけるホログラム生成法は、記録したい物体を 3 次元座標上の光点の集合として捉える点光源法を用いる。光点から照射される光波による干渉の様子を 1 つずつ計算によって記録し、足し合わせることでホログラムを生成する。

2.3 投影像

ボリュームディスプレイへの投影に当たって、hologram_Simulator と hologram_Generator の 2 つのプログラムを作成する。前者は正面と側面に投影したい元画像から、ボリュームディスプレイの糸の座標を基に投影する物体を表現する点光源を選択する機能を実装する。後者は点光源の座標から光の干渉の様子を記録し、投影に使用するホログラムを出力する機能を実装する。図 2 に概要図を示す。

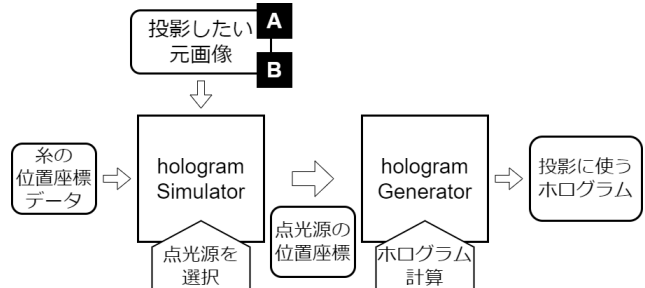


図 2 ホログラム生成の過程

投影する元画像には黒地に白線で A が表示された 2 値画像を正面図として、同様に B が表示されたものを側面図として使用する。投影に用いる原画像を図 3 に示す。画像中の文字の大きさは縦幅 2,500px としている。



(a) 正面像 A

(b) 側面像 B

図 3 投影像の元画像

2.4 光学系

作成したホログラムは空間光変調器(Special Light Modulator:以下 SLM と示す)で表示することで再生を行う。本研究における電子ホログラフィを再生するための光学系を以下の図 4 に示す。

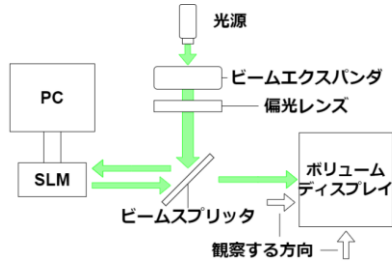


図 4 光学系

光源となるレーザーは波長 532nm の緑色光のものを用いる。レーザー光はまずビームエクspандаと偏光レンズを通過する。ビームエクspандаによってレーザー光は拡大した平行光とし、その光量を偏光レンズによって調節している。SLM には入射する光を所定の比で透過する光と反射する光とに分割するビームスプリッタを介して照射する。SLM 上で表示されているホログラムと参照光が回折を起こし、ビームスプリッタを挟んで向かい側にあるポリウムディスプレイに像を再生する。再生像は図 4 右下部に示した方向から観察する。SLM から見て、正面方向と側面方向を決定している。

3. 研究結果

3.1 指向性ポリウムディスプレイの作製

作製した指向性ポリウムディスプレイを以下の図 5 に示す。ナット同士で干渉して投影に影響が出ないように、糸の長さをずらしている。



図 5 指向性ポリウムディスプレイ

3.2 投影シミュレーション

元画像から糸の配置された座標に合わせて生成した仮想画像の正面像と側面像を図 6 に示す。

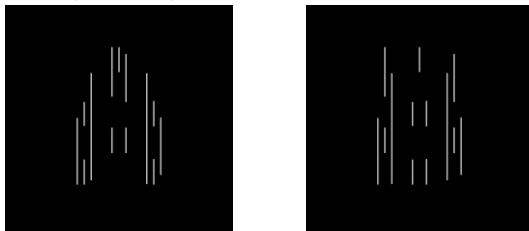
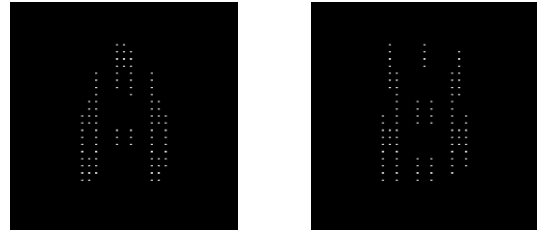


図 6 仮想画像

また、仮想画像から点光源を 128px 間隔で抽出した投影シミュレーション画像の正面像と側面像を図 7 に示す。

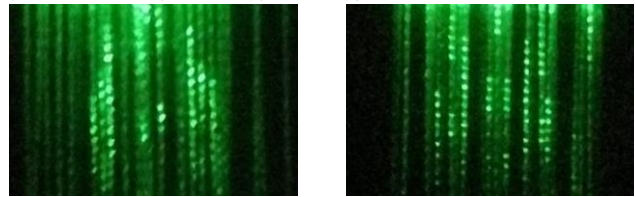


(a) 正面像 A (b) 側面像 B

図 7 投影シミュレーション画像

3.3 再生像観察

抽出した点光源より生成したホログラムから、実際に投影を行った結果の正面像と側面像を図 8 に示す。



(a) 正面像 A (b) 側面像 B

図 8 投影結果

投影シミュレーションと近い結果を、正面と側面の両方から同時に観察することができた。

3.4 考察

再生像の画質改善を行うにあたって原因と考察を行う。再生像の下部の光強度が低く見えづらくなっている。これは像下部に到達する回折光の光路長が像上部に比べ長いためだと考えられる。また、側面像が正面像と比べ画質が低くなっている。この原因に、本研究のシステムで側面像を満足に観察するためには、現実空間のポリウムディスプレイの全ての糸の SLM からの相対位置が計算機内の糸配置のデータと一致している必要がある、という点が挙げられる。より正確な配置を行うために、投影を補正するシステムを実装することや、糸が等間隔に配置されない、糸自体が歪むといった問題を解決するためにポリウムディスプレイの設計の見直しを行うことが考えられる。

4. 研究のまとめ

本研究の目的は電子ホログラフィと指向性ポリウムディスプレイそれぞれの研究課題である視域角が狭い点と焦点距離がずれている点について、これらを組み合わせることで正面と側面の両方からホログラフィの投影像を観察可能なシステムを開発することである。それに向けて、糸を用いるポリウムディスプレイを作製し、その糸配置を基に 2 枚の元画像からホログラムを作成し、光学系を用いて指向性ポリウムディスプレイに立体像を表示することで、指向性を持った再生像を両方向から観察することができた。

参考文献

- [1] S. Reichelt, R. Haussler, N. Leister, G. Futterer, H. Stolle, and A. Schwertner, "Holographic 3-D displays - electro-holography within the grasp of commercialization", in *Advances in Lasers and Electro Optics*, N. Costa and A. Cartaxo, (eds.), Chap.29, (2010).
- [2] Hirotaka Nakayama, Atsushi Shiraki, Ryuji Hirayama, Nobuyuki Matsuda, Tomoyoshi Shimobaba and Tomoyoshi Ito, "Three-dimensional volume containing multiple two-dimensional information patterns", *Scientific Reports*, 3, Article number 1931, pp. 1-5, (2013).