

## 高解像度かつ動画化可能な指向性ボリュームディスプレイの開発 Development of Directional Volumetric Display which can Display Animation in High Resolution

中原 仕安\*1  
Shian Nakahara

干川 尚人\*2  
Naoto Hoshikawa

平山 竜士\*3,4  
Ryuji Hirayama

中山 弘敬\*5  
Hirotaka Nakayama

下馬場 朋禄\*1  
Tomoyoshi Shimobaba

伊藤 智義\*1  
Tomoyoshi Ito

白木 厚司\*1,6  
Atsushi Shiraki

### 1. はじめに

近年、情報のデジタル化によりコンピュータと通信技術が発達し、情報と人のインタフェース機能の重要性が増している。また効果的に映像を表示するディスプレイも開発され、新たなデジタルサイネージが注目を集めている。その中でも、ディスプレイ自体がボリュームを持っており、3次元上に映像を表示できるボリュームディスプレイは、芸術性が高く、メディアアートやデジタルサイネージへの応用も期待できる。これまでも様々なボリュームディスプレイの研究が行われている。

例として、Nayar らによるガラスを用いたボリュームディスプレイ[1]が挙げられる。Nayar らはガラスの中に空隙を加工し、レーザ光拡散を利用することで、任意の形状を表示可能なボリュームディスプレイを開発した。また Ohashi らは、Nayar らが開発したボリュームディスプレイの空隙の密度を向上させ、立体形状のおおまかな外観を認識できることを示した[2]。Ohashi らの研究結果を図1に示す。

また我々の研究グループでは、見る方向によって異なった動画を表現できる指向性ボリュームディスプレイの研究が行われている。先行研究である3Dクリスタルを用いた指向性ボリュームディスプレイ[3]を図2に、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[3]を図3に示す。3Dクリスタルを用いた指向性ボリュームディスプレイは、比較的高解像度な画像を表示できるが、3Dクリスタル内部に打ち込まれた点を画素とみなすことで画像を表現しているため、カラー表示や動画化ができないという欠点があった。一方、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では、フルカラーの動画を容易に得られるが、出力画像の最大解像度が20×20にとどまっており、解像度の向上が課題となっている[4]。そこで本研究は、先行研究にあった課題を解決するため、ガラス中の散乱物体を利用したボリュームディスプレイに指向性のアルゴリズムを組み合わせることで、高解像度なカラー画像を表示できる指向性ボリュームディスプレイを開発することを目的とする。

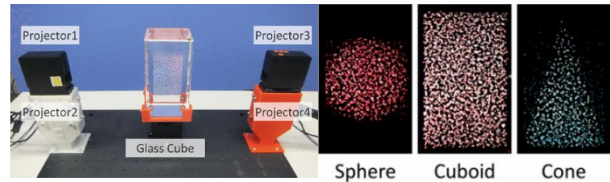


図1 裸眼立体視ディスプレイ[1]



図2 3Dクリスタルを用いた指向性ボリュームディスプレイ[3]

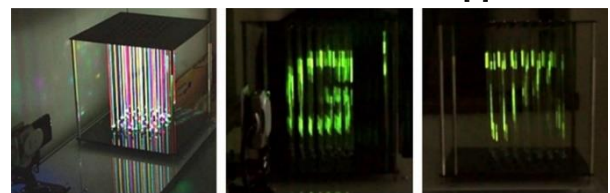


図3 糸とプロジェクタを用いた指向性ボリュームディスプレイ[3]

### 2. 指向性画像の生成アルゴリズム

投影画像の生成アルゴリズムを図4に示す。図中のA, Bは表示させたい画像である。 $a_{ij}$ ,  $b_{kj}$ はそれぞれの画像の $(x, y)=(i, j)$ ,  $(z, y)=(k, j)$ 座標におけるピクセル値を示している。青色で示しているボクセル値を $V_{ijk}$ とおくと、その値は式(1)で求められる。ここで $\lambda$ はボクセル値 $V_{ijk}$ を0~255の範囲に正規化するための定数である。作製したボリュームディスプレイをz軸方向から観察するとその方向のボクセルが重なって画素になり、Aの画像を観察することができる。Bの画像も同様である。

$$V_{ijk} = \lambda a_{ij} b_{kj}. \quad (1)$$

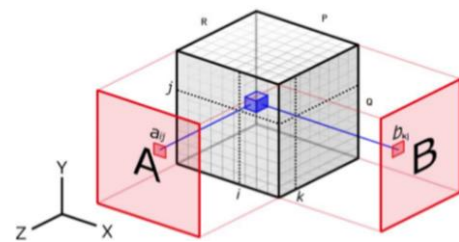


図4 生成アルゴリズム

\*1 千葉大学大学院工学研究院, 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 東京理科大学, Faculty of Industrial Science and Technology, Tokyo University of Science, Japan

\*4 日本学術振興会特別研究員, Research Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science, Japan

\*5 国立天文台, Center for Computational Astrophysics, National Astronomical Observatory of Japan

\*6 千葉大学統合情報センター, Institute of Management and Information Technologies, Chiba University

### 3. 新たな指向性ボリュームディスプレイの手法

#### 3.1. 提案手法

提案手法である指向性ボリュームディスプレイの概要図を図5に示す。本提案手法では、3Dクリスタルをディスプレイと見立て、プロジェクタから投影画像を投影し、2方向から異なる画像を表示させることで、先行研究にあった課題の解決が期待される。また、プロジェクタから出た光は広がってしまうため、フレネルレンズを通して平行光にしている。これにより、プロジェクタの光の広がりを考えることなく、3Dクリスタルの内部に打つ点の座標を求めることができる。

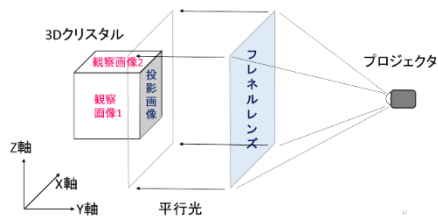


図5 提案手法の概要図

#### 3.2. 点の配置と投影画像の生成手法

本研究では、解像度  $16 \times 16$  の画像を3Dクリスタル上に表示できることを確認する。x軸、y軸、z軸の3方向から見て点が重なっていると、任意の点に光が当たらず、画像が十分に視認できない可能性がある。つまり、重ならない点の配置を決める必要がある。また、プロジェクタから投影した際に、点の大きさによって点の発光具合が異なる。そのため、3Dクリスタルに打つ点の大きさを決定するために予備実験を行った。なお、本研究で使用する3Dクリスタルは、作成した座標データを基に、エルテック株式会社に加工を依頼した。また3Dクリスタル上の点はz軸方向からレーザーで打ったものである。

#### 3.3. 予備実験

直径0.8mmから2.0mmまで0.05mmずつ大きくした点を配置した3Dクリスタルにプロジェクタから光を当て、点が発光するかどうかを調べた。すべての大きさの点において色がついた状態で発光が確認できたため、使用する点の大きさは1番小さい0.8mmとする。また3Dクリスタル自体の大きさは  $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 100\text{mm}$  の立方体で、点を打てる範囲が  $80\text{mm} \times 80\text{mm} \times 80\text{mm}$  の範囲である。

### 4. 提案手法によるシミュレーションと投影結果

実際に投影した際のシミュレーションをコンピュータ上で行った。3Dクリスタル内部における点の配置は、上記で述べた手法を基に決めている。図6は原画像であり、単純な記号として地図記号を用いた。なお、それぞれの左側の画像はz軸方向に、右側の画像はx軸方向に表示する画像である。図7は、図6の原画像におけるシミュレーション結果である。これにより、同じ点の配置で異なった画像を表示でき、画像を複数枚連続させることで動画化も可能であると考えられる。次に、実際の投影結果を図8に示す。図8(a)はプロジェクタから3Dクリスタルに当てる投影画像であり、図7(a)のシミュレーションでの出力結果をy軸方向から見た画像を使用している。図8(b)より、z軸方向では3Dクリスタルがあまり光らず、画像が認識できなかった。

### 5. まとめ

本研究では、高解像度かつ動画化可能な指向性ボリュームディスプレイの開発を目的とし、新たな手法を提案した。予備実験では、3Dクリスタル内部の点の大きさや任意の点を光らせることができることを確認し、これらを基に投影実験を行った。結果として、プロジェクタから出力された光が平行に3Dクリスタルに当たると想定した場合のシミュレーションでは、ノイズがあるものの原画像が認識でき、同じ点の配置で異なる画像を表示できた。しかし、実際の投影では3Dクリスタルの片面があまり光らず、鮮明な画像が得られなかった。これは、3Dクリスタルにレーザーで点を打つ際の方向によって、光の散乱が変わることが原因であると考えられる。また、観察画像を複数方向から観察できるようにすることが今後の課題である。実際の投影では投影画像の色を3Dクリスタルに正確に当てるのが困難であり、ノイズが発生してしまう。このようなヒューマンエラーによるノイズをできる限り抑える方法を考えることも今後の課題である。



図6 原画像

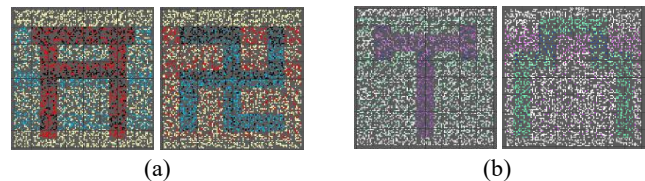


図7 シミュレーション結果

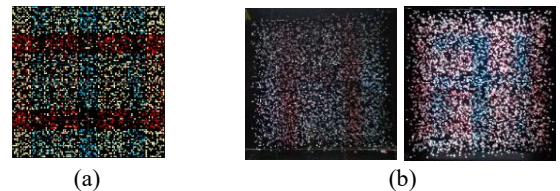


図8 投影結果

(a)投影画像 (b)投影結果

#### 謝辞

本研究はJSPS科研費(18K11599)の助成を受けたものである。ここに謝意を表す。

#### 参考文献

- [1] S.Nayar, V.Anand "3D display using passive optical scatters", Journals&Magazines, Computer, Vol. 40, Issue 7, pp. 54-63, 2007
- [2] Y.Ohashi, R.Endo, T.Fujii, H.Ishii, H.Shimoda "Development of Automatic Matching and Image Quality Improving Methods for Scattering 3D Display", 2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), pp. 2850-2855, 2017..
- [3] H.Nakayama, A.Shiraki, R.Hirayama, N.Matsuda, T.Ito, T.Shimobaba "Three-dimensional volume containing multiple two-dimensional information patterns", Scientific Reports, 3, Article number 1931, pp. 1-5, 2013.
- [4] A.Shiraki, M.Ikeda, H.Nakayama, R.Hirayama, T.Kakue, T.Shimobaba, T.Ito "Efficient method for fabricating a directional volumetric display using strings displaying multiple images", Applied Optics, Vol. 57, Issue 1, pp. A33-A38, 2018.