

水滴を用いた指向性ボリュームディスプレイの開発 Development of Directional Volumetric Display Using Water Drops

今村 友哉*1
Tomoya Imamura

干川 尚人*2
Naoto Hoshikawa

中山 弘敬*3
Hirotaka Nakayama

下馬場 朋禄*1
Tomoyoshi Shimobaba

伊藤 智義*1
Tomoyoshi Ito

白木 厚司*1,4
Atsushi Shiraki

1. はじめに

近年、情報ディスプレイ技術は大きく発展し応用範囲も格段に広がっており、日常生活の様々なシーンで欠かすことのできない重要なツールとなっている。その中でも3次元映像を表現することができるボリュームディスプレイは芸術性や秘匿性が高く、メディアアートなどへの応用も期待できる。

我々の研究グループでは体積を持ったディスプレイを用いて、複数の方向に対して異なる2次元情報を同時に表示する手法が提案されている[1]。この手法を用いて作製されたディスプレイは、特定の視点方向にのみ情報を伝えられることから指向性ボリュームディスプレイと呼んでいる。しかし、現在開発されている指向性ボリュームディスプレイでは、高解像度でフルカラーな映像表示ができないという課題がある。例えば、図1のような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64×64と比較的高解像度な映像を表示できるが、モノクロ画像しか表現できないことや動画化ができないという欠点がある。また、図2のような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、上記の3Dクリスタルの欠点を解消できるが、現在開発されているものでは20×20の解像度しか映像を表示できない。糸の数を増やすことで高解像度なものにできるが、人の手で糸を配置するためボリュームディスプレイの作製に手間がかかる。また、ヒューマンエラーによるノイズも生じてしまう可能性が高く、水平方向の解像度の向上は困難である。

これらの問題を解決を図るため、本研究では人の手で投影媒体を取り付ける必要のない指向性ボリュームディスプレイの開発を目的とし、表示媒体に水滴を用いて開発を行い、その有用性を検証する。



図1 3Dクリスタルを用いた指向性ボリュームディスプレイ

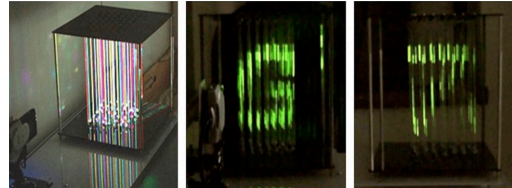


図2 糸とプロジェクタを用いた指向性ボリュームディスプレイ

2. 指向性ボリュームディスプレイ

2.1 研究概要

図3に示すように本研究では水滴発生装置を作製し、これを用いて複数の水滴を落とす。そして、7×7の解像度の2枚の元画像から1枚の投影画像Cを作成し、プロジェクタから投影画像Cを水滴に投影し、正面方向と側面方向の映像の観察を行う。また、プロジェクタからの光が正しく当たった際の見え方を確認するため、シミュレーション画像A'、B'を作成し実際の投影結果と比較する。

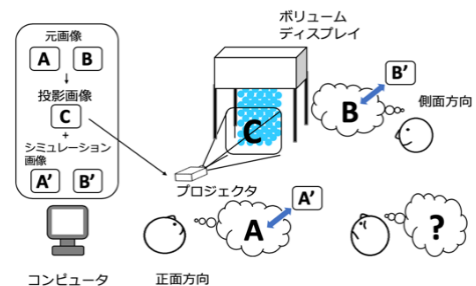


図3 指向性ボリュームディスプレイの概要

2.2 水滴発生装置

水滴発生装置は、主に水中ポンプと電磁弁、Arduino、穴の空いたアクリル板を用いて構成する。水滴を放出する方法は箱に水を溜めた後、図4のような電磁弁の開閉によって、水中ポンプからの水の流入をごく短い時間で制御し、アクリル板の複数の穴から水滴を同時に放出するという、永徳らが提案した手法を用いる[2]。このとき、電磁弁の開閉の制御にはArduinoを用いて電圧を制御し、90ms間隔で開閉を行うように設定する。

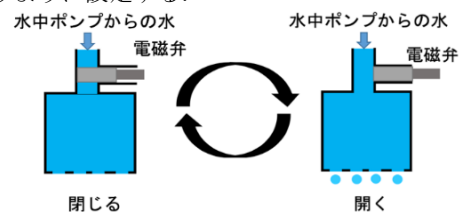


図4 水滴発生の様子

*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

2.3 水滴を放出する穴の配置・作製

穴を配置する際、図 5 のように穴の全体の概形が正方形になること、正方形を縦と横で均等に分割し、分割された区間内に穴を 1 つ配置すること、プロジェクタからすべての光線が水滴と 1 対 1 で対応することを条件に 7×7 の合計 49 個の穴を配置する。この穴の配置をもとに、厚さ 3mm のアクリル板にレーザー加工機を用いて穴を開ける。この穴の空いたアクリル板を水滴発生装置の底面として取り付けることで、指向性のある映像を表示することができる。

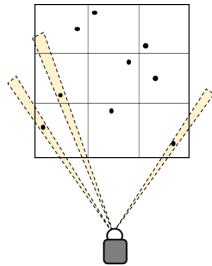


図 5 穴の配置

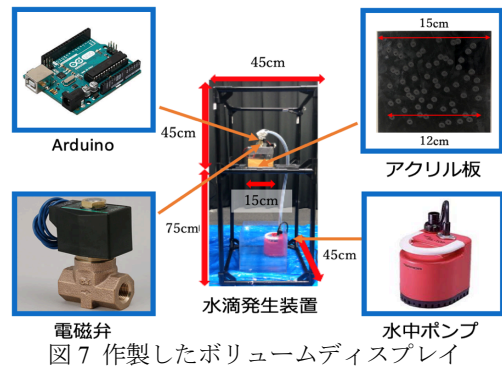
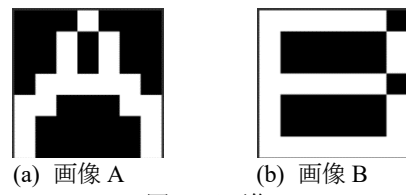


図 7 作製したボリュームディスプレイ



(a) 画像 A (b) 画像 B

図 8 元画像

2.4 シミュレーション画像と投影画像の生成手法

投影画像を作成する手法として、まず図 6 のような $P \times Q \times R$ の仮想物体を考え、表示させたい 7×7 の解像度の 2 枚の画像 A, B を用意する。式(1)を用いて各画像のピクセル値である a_{ij} と b_{kj} を乗算し、図 6 の青色で示されたボリュームディスプレイのボクセル値 V_{ijk} を決定する。ここでの座標系 (i, j, k) は座標系 (X, Y, Z) の任意の座標を示しており、 λ はボクセル値を正規化するための定数である。決定した仮想物体のボクセル値を放出する水滴にそれぞれ割り当てることで投影画像を作成する。このとき、水滴の奥行を考慮し、各光線の高さを補正して投影画像を作成する。また、シミュレーション画像も投影画像と同様に作成するが、ここでは各光線の高さを均一にして作成する。

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

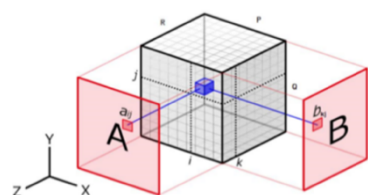
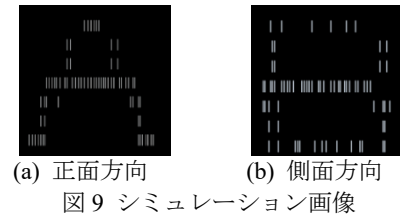
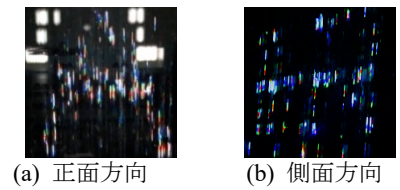


図 6 投影画像生成のアルゴリズム



(a) 正面方向 (b) 側面方向

図 9 シミュレーション画像



(a) 正面方向 (b) 側面方向

図 10 投影結果

3. 研究結果

図 7 に本研究で作製したボリュームディスプレイを示す。また、図 8 に 2 つの元画像(A と B), 図 9 にこれらを用いて得られた正面と側面から観察されるシミュレーション画像、図 10 に実際に作製したボリュームディスプレイに投影を行い、得られた結果を示す。

投影結果の画像はプロジェクタの角度のずれなどによるノイズは存在するものの、シミュレーション結果に近い結果になったと考える。また、ボリュームディスプレイの作製にあたって、レーザー加工機で板に穴をあけ、そこから水滴を落とすだけなので、従来の作製手法のような手間がかからなかった。

4. まとめ

本研究では、人の手で投影媒体を取り付ける必要のない指向性ボリュームディスプレイの開発を目的とし、プロジェクタを用いて水滴に投影して指向性のある画像を表示することができた。また、レーザー加工機でアクリル板に穴をあけ、そこから水滴を放出することで、人の手で投影媒体を取り付ける必要のない指向性ボリュームディスプレイを開発した。

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] Hiroataka 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.
 [2] Eitoku S, Tanikaw T, Hirose M, "Display Composed of Water Drops for Filling Space with Materialized Virtual Three-Dimensional Objects", IEEE VR 2006, pp. 159-166, 2006.