

泡を用いた3次元ディスプレイの提案

椎名 美奈^{*1} 須佐 育弥^{*1} 時崎 崇^{*1} 加藤 史洋^{*1} 青木 孝文^{*2}
長谷川 晶一^{*1}

A Proposal about 3D Display Using Foam

Mina Shiina^{*1} Ikumi Susa^{*1} Takashi Tokizaki^{*1} Fumihiro Kato^{*1} Takafumi Aoki^{*2} and Shouichi Hasegawa^{*1}

Abstract — Foam have several characteristics: capableness of emerging and extinguishing, of making 3D figures using air and water, and projection by its color is white. In this paper, we propose a display that can make three-dimensional model by fine foam. This time we made something by changing figure of nozzles.

Keywords : foam display, nozzle, projection

1. はじめに

現在、展示会や広告など様々な場面でインパクトのある新しいディスプレイを目にすることができる。しかし、花や葉のような成長を表現しようとした場合、細い茎から伸びる大きな葉や花びらの成長を表現しなければならない。そのような場合、霧[1][2]、水[3][4]、砂[5]、パウダー[6]などを利用したディスプレイでは表現が難しい。例えば、霧ディスプレイやパウダーディスプレイでは、ディスプレイの形を3次元形状にすることは難しい。また、水ディスプレイは一定時間空間に形状を保つことができない。砂ディスプレイは重力により構造的に上部に大きな形状を作ることができない。そこで、3次元形状を長時間保持することを可能にするディスプレイとして泡ディスプレイを提案する。

泡は、固体・液体・気体すべての性質を兼ね備えた不思議な物質である。そのため、科学的に解明されていない部分が多い[5]。しかし、泡自体は簡単に作ることができ、液体に空気を混ぜればすぐにできる身近な存在である。また、ホイップクリームのように軽くて肌理の細かい泡は、泡立て器で混ぜた時に角が立ち、一定時間空間上に形を保つことができる。さらに、色が白いので映像投影が簡単にできるなどという特徴を持つ。過去に発泡スチロールの造形物に映像の投影を行う研究がされている[6]。しかし、空間に形状を保ちながら変化する造形物に投影を行うものはな

い。本稿では、泡の出る量や形を機械的に制御することで、リアルタイムに変化する造形に投影できる泡ディスプレイの実現を目指す。

泡ディスプレイの実現のためには、

- ① 3次元造形が可能であること
- ② コンピュータで泡の発生・消滅を制御できること
- ③ 投影が容易に行える

といったことが要求される。

本稿では、泡でディスプレイ実現への第一歩として、ノズルの形によりどのような造形が可能であるかを実験した。本論文では、具体的に行った実験とその結果について述べる。

2. ノズルの形と泡の造形

本稿で使用する泡は、形状を保ち、投影ができるという条件を満たすため、肌理の細かい泡であるシェービングフォーム(0.06g/cm³)を使用した。以下の実験では、泡の流量は34.2cm³/sであった。また、ノズルは市販の直径6mmのストローと柔らかいプラスチック板で製作した。実験装置を図1に示す。

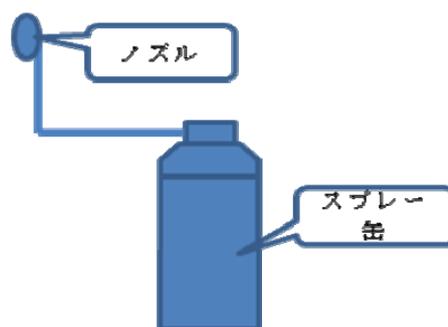


図1 実験装置

^{*1}: 電気通信大学, {shiina, susa, tokizaki, ono, dan, fumihiro.k, hase}@hi.mce.uec.ac.jp

^{*2}: 東京工業大学, aoki@hi.pi.titech.ac.jp

^{*1}: The University of Electro-Communications

^{*2}: Tokyo Institute of Technology

2.1.1 実験1 (丸いノズル)

図2に示す丸く切ったノズルを使用し、泡を上方に勢よく噴出させた。その時の泡形状は図3のようになった。噴出した泡は、うねりながら泡の出口を中心に円を描いた。その形は花に似ていた。このとき、噴出の圧力が弱いと泡が綺麗な円を描かなかった。

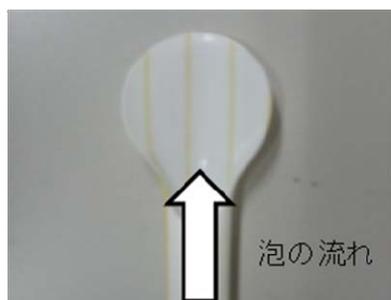


図2 丸いノズル



図3 丸いノズルを使用した時の実験

2.1.2 実験2 (二股ノズル)

上方に噴出させた泡が自重によって進行方向を変えるかを実験するために図4のノズルを使用し、上方にゆっくりと噴出させた。このとき、泡は噴出口の左右についているガイドに沿うことはなく、左右のガイドの間から洩れた。そこで、泡の種類を変えて、再度同じ実験を行った。このとき使用した泡は、市販の泡ハンドソープ ($0.088\text{g}/\text{cm}^3$, $23.4\text{cm}^3/\text{s}$) を使用した。この泡は、シェービングクリームより肌理が荒く、柔らかい。結果は同じく、泡が噴出口から出るだけで、自然と左右のガイドに沿うことはなかった。つまり、泡の硬さや、重さが原因ではないといえる。そこで、泡の流れを望みの方向に変えるため、噴出口上部にガイドをつけ(図5)実験を行った。結果は、泡の流れを強制的に変えることができた。

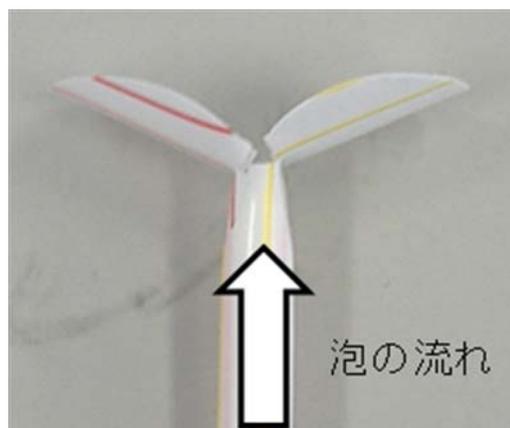


図4 二股ノズル

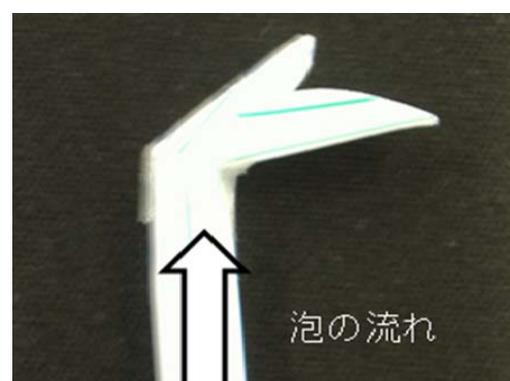


図5 方向ガイド付きノズル

2.1.3 実験3 (ノズルの先端)

泡を噴出口に対して垂直方向に出す実験を行った(図8)。使用したノズルは図6と図7に示した。このノズルの先端の箱の寸法は、図6では $30\text{mm} \times 30\text{mm} \times 10\text{mm}$ の直方体で、図7では $30\text{mm} \times 30\text{mm} \times 10\text{mm}$ の三角柱である。噴出口は $20\text{mm} \times 4\text{mm}$ である。結果は、図6のノズルでは泡は噴出口に対して垂直方向に泡が出た。しかし、図7では噴出口から出た泡は上に巻き上がった(図8)。これは、ノズル先端と泡の出る管の付近でノズルの厚さが違うので、狭まったノズル先端が抵抗になり、長方形の上部は泡が出にくく巻き上がってしまったと考えられる。

これより、水平方向に泡を出したい場合は、泡が均一に出るようにノズルの先端を箱型にした方がよいといえる。また、逆に輪を描くような造形をしたい場合は、先端が薄い方がよいといえる。また、泡は重力で下に落ちてしまうため、ノズルに対して垂直方向に造形したい場合は泡が落ちないようにガイドをつける必要があるということがわかった。

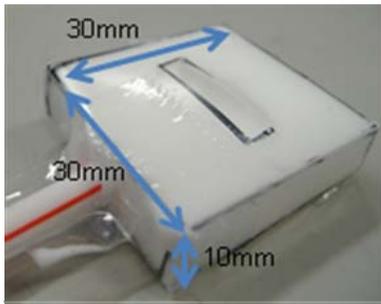


図6 直方体ノズル(噴出口 20mm×4mm)

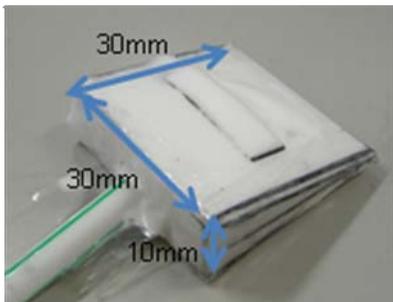


図7 三角柱ノズル(噴出口 20mm×4mm)



図8 三角柱ノズルを使用した実験結果

2.1.4 実験5 (ガイドの種類)

実験3 (2.1.3 節参照) の結果から、どのようなガイドが最適であるかを調べた。使用する噴出口は、先ほどと同じ長方形で、ガイドの幅と数を変えて実験した。ガイドの幅を5mmと2mm、本数をそれぞれ3本と2本とした。結果は、幅が広く本数の多い方が泡の厚さが厚くなり、泡の出る速度が遅い。幅が狭くて本数が少ない方は噴出口の厚さとほぼ同じ厚さになり、泡の出る速度は速かった。

2.1.5 実験6 (幅の異なる長方形ノズル)

噴出する泡の厚さを薄くするため、図9のように噴出口の長方形の短辺の幅を7mm、5mm、3mmに変えた。また、噴出口にはガイドなしの場合と

ガイドあり(幅2mm、長さ30mm)の場合で実験した。このとき長方形の長さは20mmとした。結果は、ガイドなしの場合、噴出口とほぼ同じ厚さの泡が出た。しかし、ガイドがないため、すぐに重力で下に落ちてしまった。また、ガイドありの場合、長方形の短辺の幅に関係なく噴出口より分厚い泡が出た。長方形短辺の幅が7mmのとき出た泡の厚さは10mmであった。同様に短辺の幅が5mm、3mmのとき、出た泡の厚さはそれぞれ8mm、5mmであった。これは、ガイドが抵抗となり、長方形短辺の幅より厚い泡が出たと考えられる。

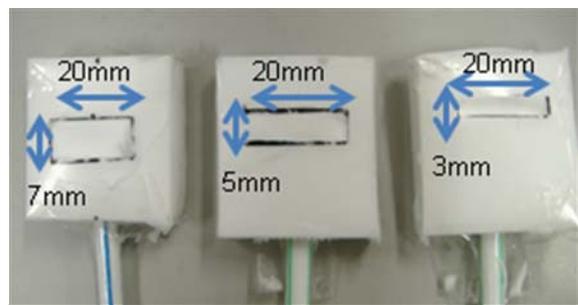


図9 幅の異なる長方形ノズル

2.2 色の投影

泡で花と葉を表現し、パソコンで描いた花と葉の絵をプロジェクタで投影した。この際描いた絵は赤と緑の単色を使用した。花は実験1で使用したノズルを使用した。また、葉の造形には図10に示すノズルを使用した。結果は図11、図12に示す。結果は、泡の色が白いためプロジェクタで投影した色は綺麗に映し出された。暗い部屋で投影した場合、明るい部屋で投影した場合に比べてくっきりと色が映し出された。また、泡の凹凸に色が投影されるため影が生まれ、より立体的な表現ができた。

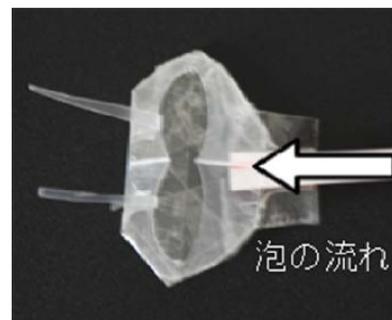


図10 葉の造形用ノズル



図 1 1 花の投影



図 1 2 葉の投影

4. まとめ

本稿では、肌理の細かい泡を用いた 3 次元ディスプレイの提案の第一歩として、いくつかの簡単な実験を行った。泡の特性を理解するとともに、ノズルの形状を変化させることで様々な形状を表現することができた。また、造形をする上でいくつかの注意しなければいけない点についても述べた。

本稿で行った実験を利用し、国際学生対抗バーチャルリアリティコンテスト参加作品「HAPPA!!」において、その植物の表現として用いる。今後は、より泡の特性を生かした形状が作れるノズルを考案し、多様な形状が提示できるディスプレイにすることを旨とする。また、生成中の泡形状の計測を行い、形状に合わせたテクスチャを投影することでより動きのあるディスプレイを目指す。

参考文献

[1] I. Rakkolainen et al. The Walk-Through Fog Screen Experience. A demonstration and abstract at ACM SIGGRAPH 2003 Program: Emerging Technologies.

[2] I. Rakkolainen et al. The Interactive FogScreen. A demonstration and abstract at ACM SIGGRAPH 2005 Program: Emerging Technologies.

[3] Sugihara Y. 1999. Water display. A demonstration and abstract at ACM SIGGRAPH 1999 Program: Emerging Technologies.

[4] S. Eitoku et al. Proposing the display for filling space with materialized virtual 3D objects and producing the prototype composed of waterdrop, Asia Society of Art Science, Vol.1, No.1, pp.21-22, 2005.

[5] H. Ishii et al. SandScape An Illuminated Workbench for Landscape Design, Ars Electronica 2002

[6] 青木孝文, 大内政義, 木村耕一郎, 野口潤, 清水ひろみ, 馬場次郎, 長谷川晶一, 佐藤誠: 実世界とバーチャル世界を連続的に繋ぐパウダースクリーンの実現, エンターテインメントコンピューティング 2006 大会

[7] シドニー・パーコウイツ, 泡のサイエンス—シャボン玉から宇宙の泡へ, 紀伊国屋書店, 2001

[8] Raskar, Ramesh, Greg Welch, Kok-Lim Low, and Deepak Bandyopadhyay. "Shader Lamps: Animating Real Objects With Image-Based Illumination." Proceedings of the 12th Eurographics Workshop on Rendering. London, England (June 25-27, 2001).