

内側からながめる凍結式全周囲シャボン膜スクリーン

寺澤 真一郎^{1,a)} 橋本 侑樹^{1,b)} 佐藤 俊樹^{1,c)}

概要：本研究ではシャボン膜を凍結させ、その凍結過程を中から観察可能な新しい VR システムを提案する。このシステムによりユーザがシャボン膜の内部から膜の凍結過程で起きる氷片が膜表面を舞う様子を VR ゴーグルを通して閲覧できる。本論文では、シャボン膜の凍結を用いた異なる視点での提示手法とその実装、動作結果および今後の展望について述べる。

1. はじめに

シャボン玉は水と洗剤を混ぜて膨らませるだけで誰でも手軽に作ることができるが、厚さ $1\ \mu\text{m}$ 程度のシャボン膜には様々な魅力が隠されている。Human-Computer Interaction の分野でも、シャボン膜に注目した様々な研究がなされてきた [1][2]。

本研究では、低温で凍結させたシャボン膜の映像投影用のスクリーンとしての可能性に着目してきた [3]。特にシャボン膜の凍結過程において、シャボン膜上に小さな水の欠片が舞う「スノーグローブ現象 [4]」は非常に美しい現象であるが、我々はこの現象がプロジェクタスクリーンとしても面白い要素であると考えている (図 1)。

この現象は、シャボン膜の下部に発生した「霜」が、膜上部との温度差によって生じる対流に流され、これを核としながら氷の欠片がシャボン膜上に漂いながら様々な形状に成長していく現象である。このとき、シャボン膜上の凍結していない部分は透明であるが、膜上を動的に動き回る氷の欠片部分は透明度が低下するため、欠片のみに映像の投影が可能になると考えている。

これまでの研究においては、このスノーグローブ現象を発生させ、映像を投影したシャボン膜を、半球状の全周囲スクリーンとして膜の周囲 (外側) から閲覧する試みを行ってきた。一方、今回の実装においては、このスノーグローブ現象の氷の欠片を「シャボン膜の内側から観察」する試みを行う。

2. 提案手法

我々が中に入れるような大型のシャボン膜を生成するこ

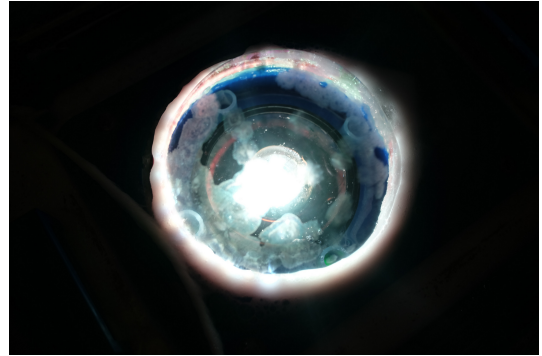


図 1 外から眺めたスノーグローブ現象

とは容易ではなく、特にこれを冷却して凍結させることはさらに困難で、大型の冷却装置が必要となる。そこで本研究では、小型の装置で凍結可能な直径 10cm 程度の小型のドーム状シャボン膜を生成し、これに映像を投影、さらに膜を凍結させる過程を膜の内側から魚眼レンズを介した高解像度カメラで全周囲映像を撮影、VR ゴーグルで閲覧する手法を試みた。

3. 関連研究

VR 空間内で、普段とは異なる視点での映像提示がこれまでいくつか行われてきた。例えば、仮想空間内においてユーザが縮小された状態の視点で映像が提示されるものがある [5]。この研究では現実と縮小された状態での知覚的な変化を明らかにした。一方、現実で撮影した映像を Head-Mount Display を介して閲覧できる研究も行われてきた。例えば、空間デザイナーとその利用者に分かれて協力するシステムがある [6]。この研究では、空間デザイナー側はテーブルトップのディスプレイを用いて空間をデザインし、空間の利用者は HMD を通してその空間の内部視点を観察することができる。

このように普段とは異なる視点で映像の閲覧を可能にす

¹ 北陸先端科学技術大学院大学

^{a)} s2310109@jaist.ac.jp

^{b)} s2210138@jaist.ac.jp

^{c)} tsato@jaist.ac.jp

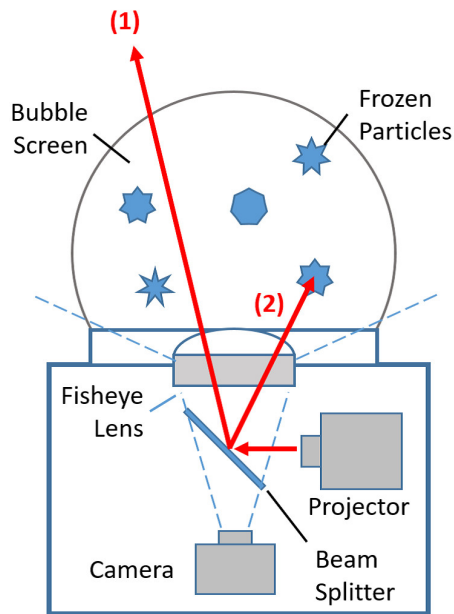


図 2 システム構成

る提案が行われてきた。本研究では、凍結シャボン膜内部からカメラで撮影を行い、我々が日常生活では体験できない凍結するシャボン膜の内側からの視点を VR ゴーグルを介して提示できる手法を提案する。

4. 実装

プロトタイプシステムの構成図を図 2 に示す。今回のプロトタイプでは、シャボン膜ドーム内部に小型の魚眼レンズを設置し、レンズ下部に設置した高解像度カメラを用いてドーム内部の全周囲映像を撮影する。撮影した全周囲映像は、Unity 環境にストリーミングし、リアルタイムに天球上にマッピングすることで VR ゴーグルを用いた閲覧を可能にする。

なお、膜上の氷の欠片の視認性を高めるために、ドーム周囲の環境照明を暗くし、ドーム内部には小型の LED 照明 (フルカラー LED) を設置した。なお、映像投影を行う場合は、ドーム下部に取り付けたカメラと光軸を一致させたプロジェクタにより膜上に映像投影を行う。

なお本プロトタイプでは、スノーグローブ現象を発生させるためのシャボン膜の凍結機構は、本研究の従来研究 [3] で開発した装置を用いた。

5. 動作実験と考察

シャボン膜の内側から撮影した天球映像を図 3 に、VR ゴーグル向けに切り取られた映像を図 4 に示す。

今回のプロトタイプでは、透明度が低下した膜上の凍結エリアに届いた光は膜内外に拡散するが (図 2 の (2) の光)、凍結していないエリアを透過した光は周囲の環境に直接照射される (図 2 の (1) の光)。ドームの外から眺める場合は、(1) の光は環境 (周囲の壁や天井等) に投影されるため、逆

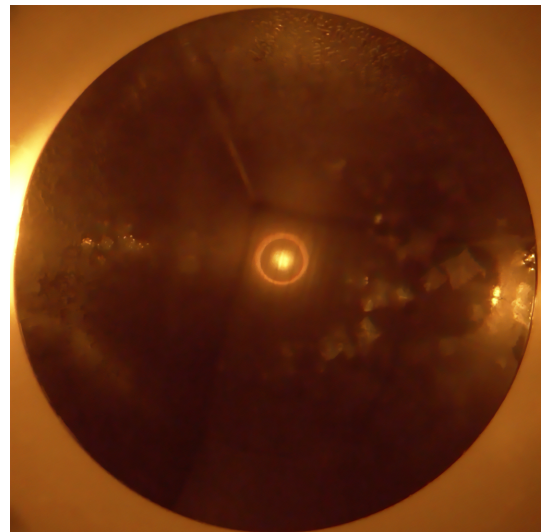


図 3 撮影された天球映像

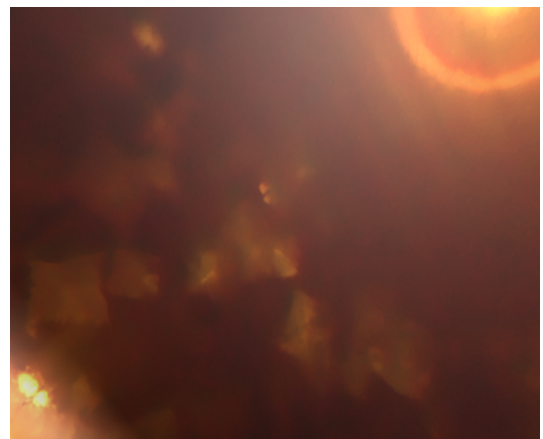


図 4 VR ゴーグルでの閲覧映像

に没入感の高い映像提示に応用可能であると考えますが、今回の提案のように膜の内側から眺める場合は (1) の光は膜内部の映像のコントラストを低下させる可能性もある。そのため、今後は不透明領域をカメラでリアルタイムに追跡し、カメラ映像をマスクとした映像を生成することで氷の欠片のみに対して映像を照射することで、映像の視認性を高める等の改良が考えられる。

6. まとめと展望

本研究では、ドーム状のシャボン膜を凍結させる過程で生じる美しいスノーグローブ現象を、シャボン膜の内側から眺めることが可能な VR システムの提案を行った。

今後の展望として、凍結シャボン膜の小さな穴を開けても膜の形状を保つ特性を生かして、シャボン膜内で観察している人が操作を行い、外部から機械で物理的に穴を開ける手法を検討している。これにより、シャボン膜内とシャボン膜外の周囲情報を同時に視聴できる新しい閲覧方法を体験できると考える。

参考文献

- [1] Yoichi Ochiai, Alexis Oyama, Takayuki Hoshi, and Jun Rekimoto. Poppable display: A display that enables popping, breaking, and tearing interactions with people. In *2013 IEEE 2nd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, pp. 124–128, 2013.
- [2] Hyosun Kwon, Shashank Jaiswal, Steve Benford, Sue Ann Seah, Peter Bennett, Boriana Koleva, and Holger Schnädelbach. Fugaciousfilm: Exploring attentive interaction with ephemeral material. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '15*, p. 1285–1294, New York, NY, USA, 2015. Association for Computing Machinery.
- [3] 橋本侑樹, 西村晶太郎, 寺澤真一郎, 大塚真柊, 佐藤俊樹. シャボン膜凍結式全周囲スクリーンの提案. 第31回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2023), 2023.
- [4] S. Farzad Ahmadi, Saurabh Nath, Christian M. Kingett, Pengtao Yue, and Jonathan B. Boreyko. How soap bubbles freeze. *Nature Communications*, Vol. 10, No. 1, p. 2531, Jun 2019.
- [5] Matti Pouke, Katherine J. Mimnaugh, Timo Ojala, and Steven M. LaValle. The plausibility paradox for scaled-down users in virtual environments. In *2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, pp. 913–921, 2020.
- [6] Yuta Sugiura, Hikaru Ibayashi, Toby Chong, Daisuke Sakamoto, Natsuki Miyata, Mitsunori Tada, Takashi Okuma, Takeshi Kurata, Takashi Shinmura, Masaaki Mochimaru, and Takeo Igarashi. An asymmetric collaborative system for architectural-scale space design. In *Proceedings of the 16th ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and Its Applications in Industry, VRCAI '18*, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.