

ミストの動きに反応するインタラクティブ映像の提案

細田 菜未^{1,a)} 杉浦 美衣奈^{1,b)} 水野 慎士^{1,c)}

概要: 本研究では、ミストの動きにインタラクティブに反応するプロジェクションマッピング手法の開発とそのコンテンツ制作について述べる。このコンテンツでは、ミストが広がる様子を三次元的に取得して、それに合わせてミスト自体に映像を投影する。ミストに投影される映像はミスト表面だけでなく内部まで到達するため、色によってはオーロラのような見た目となる。そして、映像はミストの広がりや厚みに合わせてリアルタイムで変化するため、ミストを介した映像とのインタラクションが可能である。

Proposal of an interactive image responding to the motion of mist

HOSODA NAMI^{1,a)} SUGIURA MIINA^{1,b)} MIZUNO SHINJI^{1,c)}

Abstract: In this paper, we introduce a method for projection mapping that responds to the movement of mist interactively. In this work, the shape of the mist spreading is acquired three-dimensionally, and the image is projected onto the mist itself. Since the image projected on the mist reaches not only the surface of the mist but also the inside, it looks like an aurora depending on the color. And since the image changes in real time according to the spread and thickness of the mist, it is possible to interact with the image through the mist.

1. はじめに

プロジェクタを用いたプロジェクションマッピングでは様々な投影対象が用いられる。例えば、建造物に対するプロジェクションマッピングは盛んに制作されて披露されており、東京駅や大阪城のプロジェクションマッピングでは多くの人を魅了した [1][2]。同じ建造物でも、障子や畳床を用いたプロジェクションマッピングも制作されており、古民家の新しい活用法として注目されている [3]。

より小さな対象物に対するプロジェクションマッピングではインタラクションを実現している作品も多い。例えば、障子プロジェクションマッピングでは障子の開け閉めに反応して映像が変化する [4]。また、移動する物体を追跡しながら質感を再現するようなプロジェクションマッピング手法もいくつか開発されている [5][6]。

このように様々な投影対象に対するプロジェクション

マッピングが開発・制作される中、本研究ではミストを用いたプロジェクションマッピングを制作したので報告する。このプロジェクションマッピングでは、平板やスロープなどに広がっていくミストの位置に合わせて映像を投影する。そして、映像にミストの厚みの変化も反映させることができる。投影映像はミストの流れにリアルタイムに反応して変化するため、ミストを介したインタラクティブなプロジェクションマッピングを実現する。そして、ミストは半透明の性質を持つため、投影される映像はミスト表面だけでなくミスト内部にも到達して、独特の投影結果が得られる。

2. 関連研究

本研究のようにミストを投影対象とするプロジェクションマッピングはいくつか提案、開発されている。例えば、平面配列ダクトを用いて凹凸形状を持つ霧スクリーンを生成して、そこに映像を投影することで、立体感を持つプロジェクションマッピングを実現する手法が報告されている [7]。エンタテインメント分野での活用も多く、水しぶきによって巨大なスクリーンを生成した大規模なプロジェク

¹ 愛知工業大学情報科学部
Aichi Institute of Technology, Aichi Toyota 470-0392, Japan

a) x18076xx@aitech.ac.jp

b) x18045xx@aitech.ac.jp

c) s_mizuno@aitech.ac.jp

ションマッピングが披露されている [8].

ミストやそれに近い性質のものを投影対象とするプロジェクションマッピングにインタラクティブ性を取り入れた事例もいくつか提案されている。例えば、水中に細かい泡を発生させてディスプレイとするとともに、泡の領域を抽出してそれに合わせて映像を投影したり、泡の動きを検出して映像を変化させたりする手法が開発されている [9]。また、室内にスモークを充満させてプロジェクションマッピングを行うことで光を光線として可視化するとともに、光線に手で触れることで映像の変化や音の生成を楽しむことができるインタラクティブプロジェクションマッピングも開発されている [10].

3. 提案手法について

3.1 概要

従来ミストや泡を用いたインタラクティブプロジェクションマッピングでは、ミストや泡の形状を二次元的に取得していた。それに対して、本研究で開発したプロジェクションマッピングでは、ミストの有無および形状を三次元的に取得する。そして、ミストの位置および三次元的な形状に合わせて映像を投影する。ミストの三次元的な取得と映像生成はリアルタイムで行うため、流れているミストであってもその位置と形状を追随しながら映像を投影することができる。そのため、ミストを介して映像とインタラクティブ性を行うことができる。例えば、障害物でミストの流れを変化させたり、風を送ってミストを乱したりすることで、映像を大きく変化させることができる。

ミストは半透明の性質を持つため、投影される映像はミスト表面だけでなくミスト内部にも到達する。そのため、投影映像は通常の物体へ投影した場合とは異なり立体感を持つ。そして、ミストの三次元的な動きにリアルタイムに対応しながら映像を投影することで、ミストの流れが三次元的に可視化されたようなインタラクティブプロジェクションマッピングとなる。

3.2 実現手法

本研究で提案するミストの三次元的な動きに反応するプロジェクションマッピングを実現するためのシステム構成を図 1 に示す。

ミストは超音波で水を霧化することで発生させる。発生したミストは空気より重いため、周囲が囲まれた場所で発生させればその場所に溜まり、傾斜した面の上で発生させれば面を下って流れる。

ミストの三次元的な形状取得には Kinect を用いる。予備実験では、ミストが視認できる程度の濃度であれば、その形状を三次元的にリアルタイムで取得することができることを確認した (図 2)。ミストを流すエリアについては、事前にミストを流さない状態で Kinect で三次元形状を計測

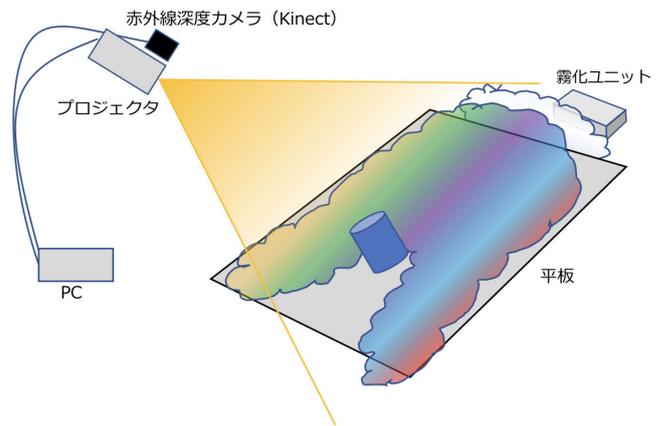


図 1 システム構成

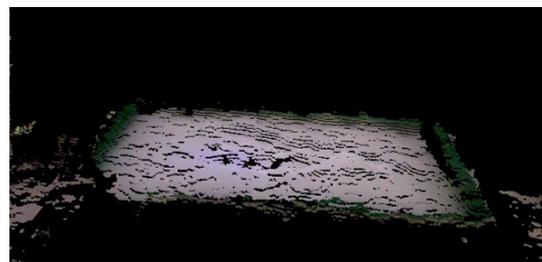


図 2 Kinect でミストを三次元的に取得した様子

しておく。そして、ミストを流したときに三次元形状との差分を計算することで、ミストだけを三次元的に抽出する。

三次元的に抽出されたミストは点群としてリアルタイム CG として表現する。このとき、各点の色をミストの三次元形状に基づいて変化させることで、ミストの形状や流れを様々な方法で可視化することができる。例えば、ミストがない状態からの高さによって色を変化させれば、ミストの有無によって投影映像が変化するだけでなく、ミストが溜まったり舞い上がったりしても投影映像が変化する。また、オプティカルフローによって色を変化させることで、ミストの形状が大きく変化する部分で投影映像も変化する。

4. インタラクティブコンテンツの制作

4.1 コンテンツの概要

本研究の提案手法に基づいてインタラクティブプロジェクションマッピングのコンテンツ「オーロラの滝」を制作した。このコンテンツでは平板を傾斜させて設置して、その上部でミストを発生させることで、ミストは平板を流れ落ちていく。そして、流れ落ちるミストに対して、平板からの距離によって色が変わる映像を投影する。そのため、投影映像はミストの流れ、具体的にはミストの有無とその厚みの変化をリアルタイムで可視化する。

なお、コンテンツ名はミストに投影された映像の色が立体感を持ちながら変化する様子がオーロラを連想することに由来する。



図 3 実装したシステム

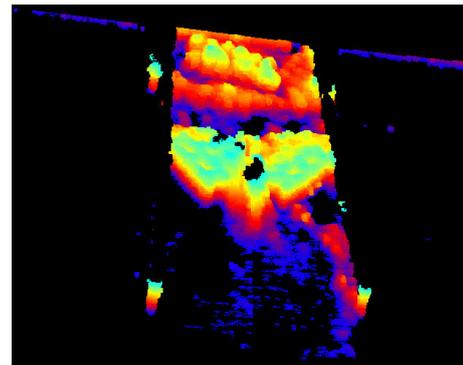


図 4 ミストの抽出と三次元 CG による可視化

4.2 実装

図 3 に実装したシステムを示す。

ミストの発生には、12 個の超音波振動子を備えた霧化ユニットを用いた。ユニットを水中に沈めると、水を 1 時間あたり 6.5(l) で霧化する。

平板は長さが 91(cm) で、ミストを流すために壁で区切られた幅 47(cm) の通路を設けている。そして、平板を 6.5 度の傾斜で設置して、平板上部でミストを発生させることで、ミストが通路内を流れ落ちる。

プロジェクタは平板に斜め上方に設置して、平板を流れるミストに映像を投影する。使用したプロジェクタは 3,000 ルーメンの明るさである。Kinect はプロジェクタのすぐ上部に設置しており、平板領域の深度画像 (640×480 画素) を取得する。そして、ミストが流れていない状態で事前に取得した深度画像と各画素で差分 d (mm) を計算して、差分がしきい値 d_t 以上の画素はミストが流れている領域として抽出する。しきい値は実験的に $d_t = 5$ (mm) としている。

深度画像から抽出したミスト領域について、各画素を三次元座標に変換して三次元 CG の点群で表現する。このとき、各点の色を差分 d によって変化させる。現在は以下のように色の RGB 値 ($0 \leq r, g, b \leq 1$) を決定している。

- $r = (d - d_t)/35$ ($0 \leq d - d_t \leq 35$)
 $r = 1 - (d - d_t - 35)/70$ ($35 < d - d_t \leq 105$)
 $r = 0$ ($70 < d - d_t$)
- $g = 0$ ($0 \leq d - d_t \leq 35$)
 $g = (d - d_t - 35)/35$ ($35 < d - d_t \leq 70$)
 $g = 1$ ($70 < d - d_t$)
- $b = 1 - (d - d_t)/35$ ($0 \leq d - d_t \leq 35$)
 $b = (d - d_t - 35)/70$ ($35 < d - d_t \leq 105$)
 $b = 1$ ($70 < d - d_t$)

これにより、映像を投影したときにミストの流れの厚みによって投影される色が青→マゼンタ→赤→黄→シアンと変化して、障害物によってミストの流れ具合が変化した様子が色の変化によって可視化される。

ミストの深度値データから生成された点群の三次元 CG はプロジェクタでミストに対して投影される。事前に Kinect を用いてプロジェクタと投影面との三次元的な位置関係を計測しておき、視点と投影面が同じ位置関係を持つ三次元 CG 空間を構築して、ここに点群データを配置することで、点群の三次元 CG はミストに合わせて投影される [11]。

なお、システムのソフトウェアの実装は C++ で行い、映像の生成は OpenGL を用いている。また、深度画像の解析は OpenCV を用いている。

4.3 映像生成実験

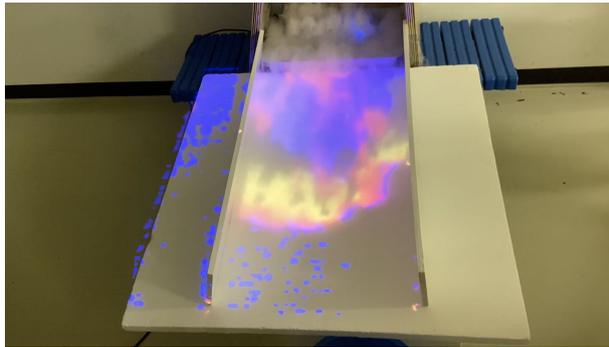
実装したシステムを用いて、「オーロラの滝」の映像生成実験を行った。

まず、図 4 に深度画像からミストを抽出して、深度値に基づいて色を決定しながら点群の三次元 CG として可視化した様子を示す。ミストが流れている領域が抽出されて、その厚みによって色が変化することを確認した。

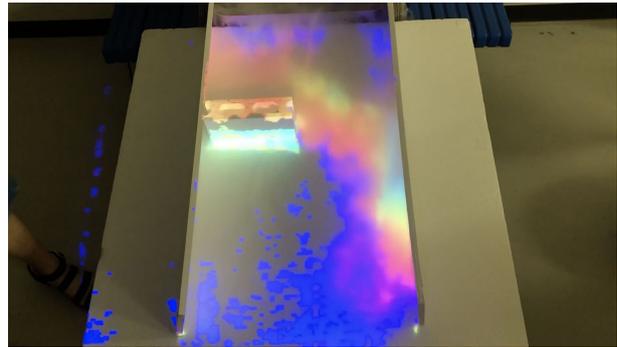
次に、実際にミストに映像を投影する実験を行った。図 5 に実験結果を示す。平板にミストが流れ始めると、それに合わせて映像が生成・投影されて、流れる様子が色の変化で可視化された (図 5(a))。投影映像はミストの表面、内部、および平板に投影されて、障害物として平板にブロックを置くとミストがブロックに当たって流れが変化するが、その様子が投影映像によって可視化された (図 5(b)(c))。ブロックの置き方を変えると、投影映像によってミストがブロックに開いた穴を通して流れる様子がはっきりと見られた (図 5(d))。ブロックによってミストの流れを狭めると、ミストがブロックの上部に溜まるが、その様子が投影映像によって可視化された (図 5(e))。そして、小型扇風機でミストに風を送ると、ミストが吹き飛ばされる様子が投影映像にリアルタイムに反映されて可視化された (図 5(f))。ミストの中に手を入れることで、投影映像との直接的なインタラクションを行うこともできた (図 5(f))。

5. まとめ

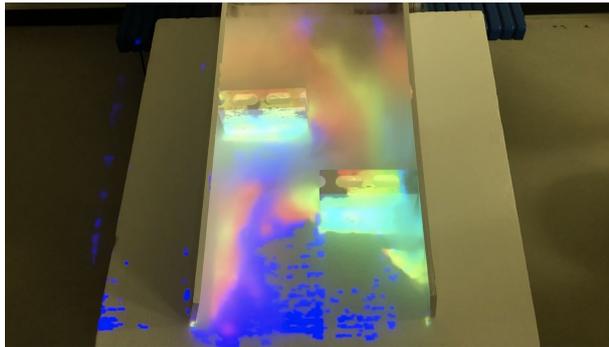
本研究では、水をミスト化して平板に流して、その流れ



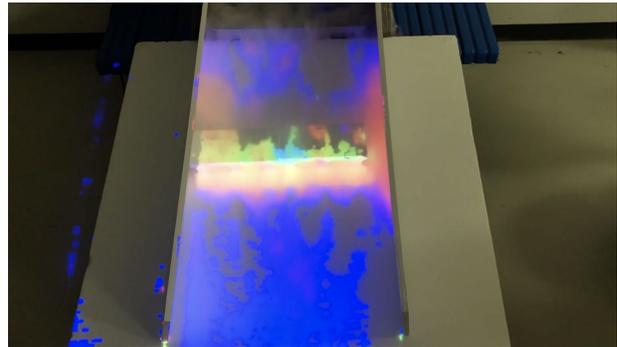
(a) ミストが流れ始めた様子



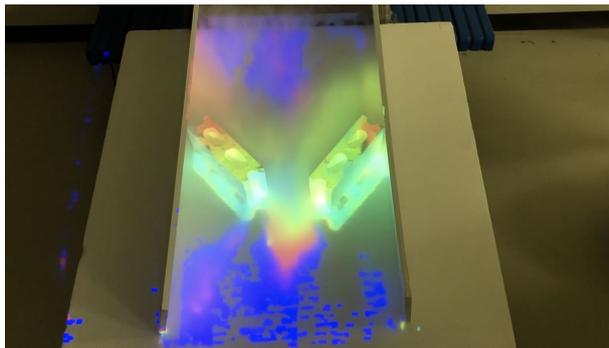
(b) 障害物によってミストの流れが変化した様子 (1)



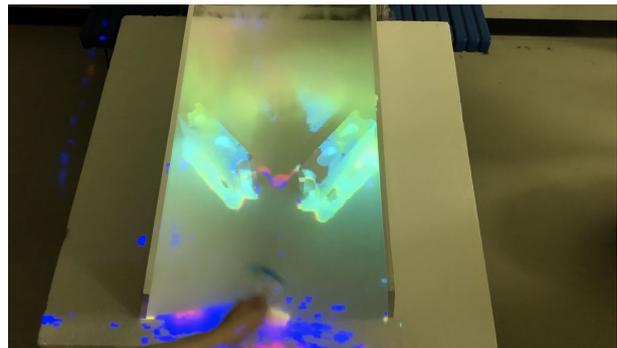
(c) 障害物によってミストの流れが変化した様子 (2)



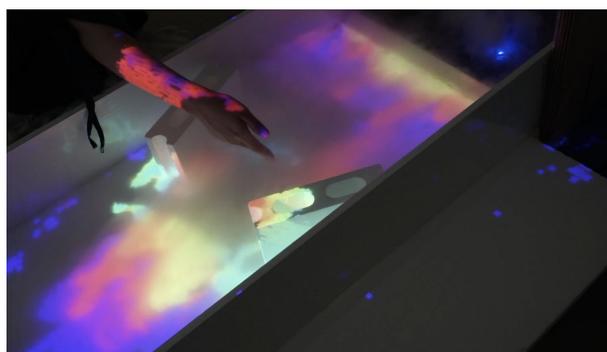
(d) 障害物によってミストの流れが変化した様子 (3)



(e) 障害物によってミストの流れが変化した様子 (4)



(f) 風によってミストの流れが変化した様子



(g) 手によってミストの流れが変化した様子

図 5 「オーロラの滝」での映像生成実験

の変化にインタラクティブに反応するプロジェクションマッピングの手法開発およびコンテンツ制作について述べた。ミストを Kinect で撮影することで、ミストの流れを抽出して三次元 CG 化することが可能となり、ミスト形状に応じて CG の色を変化させながらミストに投影すること

で、ミストの流れをリアルタイムで可視化するインタラクティブプロジェクションマッピングを実現した。そして、提案手法を用いたコンテンツ「オーロラの滝」を制作した。

今後の課題としては、様々なコンテンツを制作することで提案手法の活用可能性を探ることである。より複雑なミ

ストの流し方への対応, ミストの流れの方向や速さを取得することによる新たな可視化手法の開発, エンタテインメント分野や教育分野で活用できるコンテンツ制作などを行うつもりである.

参考文献

- [1] JR 東日本, NHK エンタープライズ: TOKYO STATION VISION 2012, 入手先 (<https://www.nhk-ep.co.jp/service/media/projection-mapping/tokyo-station-vision/>) (参照 2020.10.10).
- [2] 大阪城 3D プロジェクションマッピング 2014-2015, 入手先 (<https://youtu.be/iXBAxt2YeWo>) (参照 2020.10.10).
- [3] 水野慎士, 小栗真弥, 小栗宏次, 安田孝美: 日本の伝統的住宅を用いたインタラクティブプロジェクションマッピング, 情報処理学会論文誌・デジタルコンテンツ, Vol. 7, No. 1, pp. 22–32 (2019).
- [4] 中原由美, 水野慎士: 障子を用いたインタラクティブシステムの開発, 情報処理学会インタラクシオン 2017 論文集, 3-506-25, pp. 771–773 (2017).
- [5] 山岸成多, 藤畝健司, 山本淳: 高輝度プロジェクターを支える要素技術とプロジェクションマッピングの最新事例, Panasonic Technical Journal, Vol. 65, No. 2, pp. 9–14 (2019).
- [6] L. Miyashita, Y. Watanabe, M. Ishikawa: MIDAS Projection: Markerless and Modelless Dynamic Projection Mapping for Material Representation, ACM Transactions on Graphics, Vol. 37, No. 6, Article 196 (2018).
- [7] 橋本直己, 東佑桂: 霧を用いた空中立体像提示システムの提案, 映像情報メディア学会誌, Vol. 65, No. 7, pp. 1007–1010 (2011).
- [8] Jordan Melo M8 - Explosive projections on the water, 入手先 (<https://youtu.be/QOK0KpKSvME>) (参照 2020.09.26).
- [9] 佐川俊介, 小川剛史: バブルディスプレイ: 水中の気泡を用いたインタラクティブ映像システム, 情報処理学会論文誌デジタルコンテンツ, Vol. 2, No. 1, pp. 16–23 (2014).
- [10] N. Kotani, S. Mizuno: A Proposal of Interactive Projection Mapping by Touching Rays Visualized by Smoke, Proc. of NICOGRAPH International 2019, P08 (2019).
- [11] 岩崎妃呂子, 水野慎士: 影内部映像に対するインタラクシオンの提案, 情報処理学会 DICOMO2016 論文集, pp. 1854–1858 (2016).