

## 論文 Article

## 流動床インタフェースを用いたプロジェクションマッピングに関する研究

原稿受付 2023年7月27日

ものづくり大学紀要 第13号 (2023) 1~5

山崎雪乃<sup>\*1</sup>, 菅谷諭<sup>\*2</sup>, 的場やすし<sup>\*3</sup><sup>\*1</sup>ものづくり大学 技能工芸学部 総合機械学科 卒業生<sup>\*2</sup>ものづくり大学 技能工芸学部 情報メカトロニクス学科<sup>\*3</sup>ものづくり大学 技能工芸学部 情報メカトロニクス学科 客員教授

**概要** 流動床インタフェースをスクリーンとして設置した, プロジェクションマッピングに関する検討を行った. 流動床インタフェースの「自動的に動きを持たせることが出来る点」と「ものの出し入れが可能な点」を利用した映像コンテンツを検討した. プロジェクションマッピングを用いた映像コンテンツの, 表現の幅の拡大が可能となった. また, 同一の場所の設定において大きく場が転換する際に, プロジェクションマッピングと音の効果, および流動床インタフェースの特性をいかし, 転換点を自然なものにすることを可能にした.

**キーワード**: 流動床インタフェース, プロジェクションマッピング, 色補正, 色再現, 砂面

**A study on projection mapping using fluidized bed interface**Yukino YAMAZAKI <sup>\*1</sup>, Satoshi SUGAYA <sup>\*2</sup> and Yasushi MATOBA <sup>\*3</sup><sup>\*1</sup> Graduate, Dept. of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists<sup>\*2</sup> Dept. of Information Science and Mechatronics Engineering, Institute of Technologists<sup>\*3</sup> Dept. of Information Science and Mechatronics Engineering, Institute of Technologists

**Abstract** We investigated projection mapping using a fluidized bed interface as a screen. We examined the video content using the fluidized bed interface's "point that can automatically move" and "point that things can be put in and taken out". It has become possible to expand the range of expression for video content using projection mapping. In addition, when the scene changes greatly in the setting of the same place, it is possible to make the turning point natural by making use of the effects of projection mapping and sound, and the characteristics of the fluidized bed interface.

**Key Words**: fluidized bed interface, projection mapping, color correction, color reproduction, sand surface

**1. はじめに**

プロジェクションマッピング(projection mapping)とは, プロジェクターなどの映写機器を用いて, 立体物にCGなどの映像を投影する技術である. 従来のように平面スクリーンに映し出すものとの違いとして, 立体物に映像をマッピングすることが特徴である. これに対して, 流動床インタフェース<sup>1)</sup>

は, 動的制御可能な流動的な素材であり, また流動床インタフェースの砂面をスクリーンにした場合, スクリーンの手前側と奥側との間でもの出し入れができるという画期的な特徴がある. そこで, 従来とは異なり, 流動床インタフェースという, 流動的な素材に映像コンテンツを投影することで, プロジェクションマッピングの表現の幅の拡大を図る意図のもと検討を行った.

## 2. 流動床インタフェース

### 2.1 流動床

流動床の仕組みを Fig.1 に示す。流動床（流動層）とは、砂のような固体粒子を充填した容器の底から空気のような流体を適度に噴出させることで、流体によって粒子を舞い上げる力と重力のバランスが釣り合い、粒子全体が浮遊混濁化した状態のことである。高温の砂を用いた焼却炉や、粉体輸送などの産業で使われている。

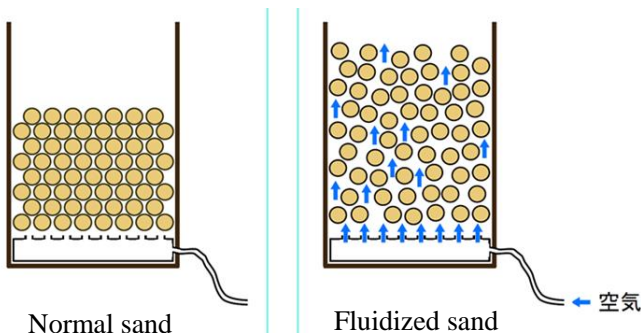


Fig.1 Mechanism of fluidized bed

### 2.2 流動床インタフェース

流動床インタフェースの仕組みを Fig.2 に示す。流動床インタフェースとは、流動床（流動層）の技術を用いて、砂を流動化した状態と通常の砂の状態を自由に変化させることのできる装置のことである。エンターテインメントやスポーツ、医療などの多様な分野への応用が期待されている。

これまでは、水面に浮かぶ感覚や水の触感を水を使わないで再現することは難しかった。この流動化した砂を用いて、産業への応用、あるいはボートに乗るシミュレータ、およびリハビリテーションやトレーニングへの応用や新しいインタラクションシステムの可能性の研究を進めている。例えば、砂の上にボートを置いて、砂に流動性を与えることにより、ボートは砂の上に浮かび、水面上のボートに乗って浮かんでいる時と同じ乗り心地を疑似的に与えることができる。体験者にヘッドマウントディスプレイを装着してもらい、水面に浮かぶボートからの視点の 360 度映像を表示することで、一層リアルな感覚を感じさせることができ、ヴァーチャルリアリティ（VR）ボートシミュレータを実現できる。

砂の表面には映像を投影できるので、流動化の有無や強さの違いなどを組み合わせたり砂の色を変えたりすることにより、新しいプロジェクションマッピングの可能性が検討できる。また、触れて投影面の中に手や身体の出し入れをすることのできるディスプレイが実現できるので、新しいゲームなどの応用への可能性が広がる。さらに、例えば泳いでいるイルカの映像を砂の表面に投影させることにより、流動化した砂の中でイルカと一緒にプールウォーキングができるようになり、退屈でつらいリハビリテーションやトレーニングを楽しむことが可能になる。

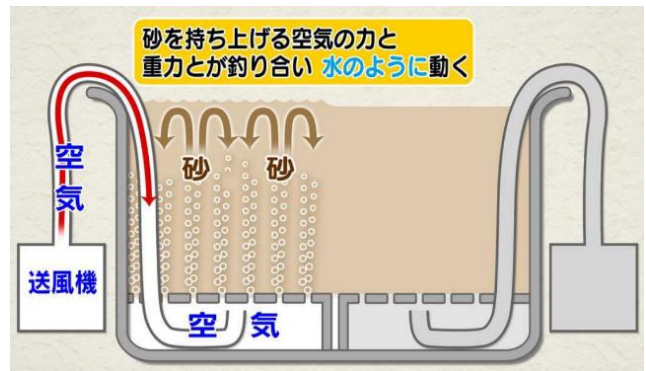


Fig.2 Mechanism of fluidized bed interface

## 3. 映像コンテンツの作成

Adobe After Effects を用いて、エフェクトを使用した映像コンテンツの作成を行った。ストーリーの構成を以下に記す。

### 1. 導入

穏やかな水辺の山麓の風景

### 2. 盛り上げ

背景が暗転し効果音が大きくなる。

### 3. クライマックス

徐々に山が赤くなり噴火する。

### 4. クロージング

雨により噴火が終局し、導入（穏やかな山麓の風景）に戻る。

穏やかな山麓の風景が徐々に暗転していく様子と、平穏に帰る過程を表現したものである。流動床インタフェースの特性である「砂を水のように

動かすことが出来る」点を生かすため、水面の変化を構成に組み込んだ。以上の構成のストーリーにおいて、風景を暗転させるとともに火山の様相も変化させることで時間の経過を表現し、それにより場面の転換点を自然なものにする工夫を行った。

Fig.3, Fig.4 は、ともに作成した映像コンテンツの一部である。Fig.3 は構成の「導入」にあたる場面であり、Fig.4 は「クロージング」にあたる場面である。Fig.4 の雨や雲の表現にはエフェクト機能を用いて、より明転への切り替えが伝わりやすいものとなるようにした。

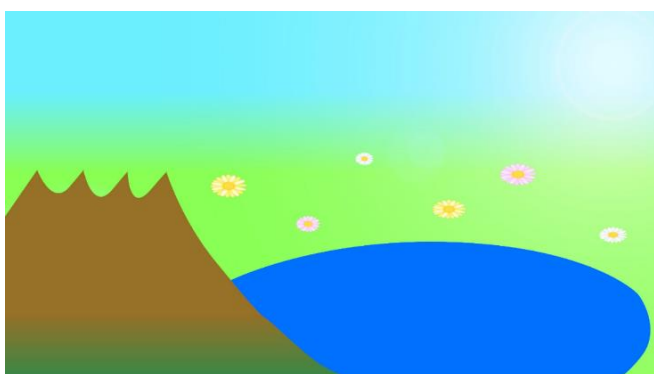


Fig.3 One scene of video content

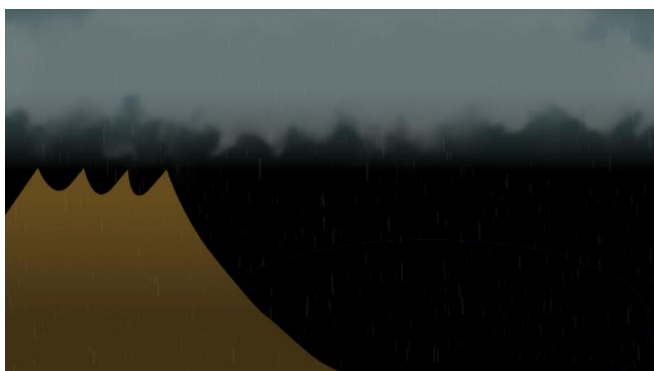


Fig.4 One scene of video content

#### 4. 流動床インタフェースへの投影

作成した映像コンテンツを流動床インタフェースの砂面およびスクリーンに投影し、USBカメラでの撮影を行った。流動床インタフェースの砂面は、僅かに黄色味がかっているため、色再現性向上を目的に、プロジェクターへの入力画像の色補正手法の検討を行っている。コンテンツ全体のチャンネル制御によって、イエローなどの数値を調整することにより、コンテンツの黄色味を抜き、色補

正を行った<sup>2)</sup>。Fig.5 は、流動床インタフェースの水槽に、ほぼ鉛直下向きにプロジェクターを設置し、投影されたコンテンツをUSBカメラで撮影している様子である。

Fig.6 は、実際のコンテンツをスクリーンに投影した様子である。また、流動床インタフェースの特性を生かした表現として、コンテンツのストーリーに合わせて、池の部分から魚の模型を出し入れする方法と、火山の噴火を流動床インタフェースの中から吹き出した煙によって表現する方法を試行した。スモークマシンを使って白煙を生成した後、砂の中に設置したホースから送風機の風圧によって煙を放出し、噴火時の煙を表現した。

Fig.7 は、流動床インタフェースの表面である池の部分から、泳ぐ魚に見立てた魚の模型を出し入れしている様子である。今回の制作では、模型に針金の持ち手を取り付け、手動で出し入れする方法で行った。Fig.8 の噴火の演出では、火山の噴火口にあたる部分の付近から真上に煙を噴出させた。

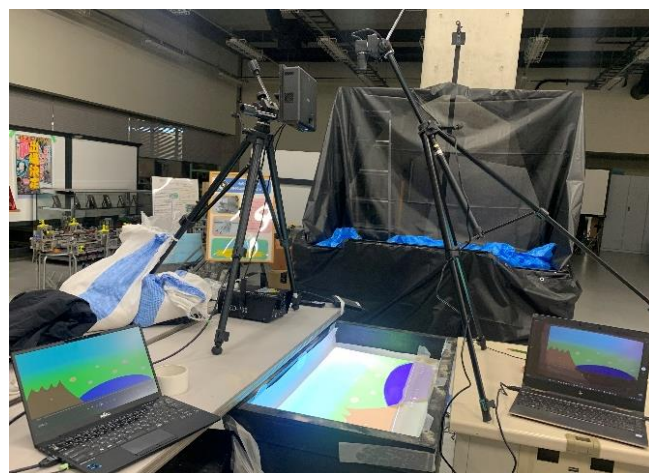


Fig.5 State of projection and shooting

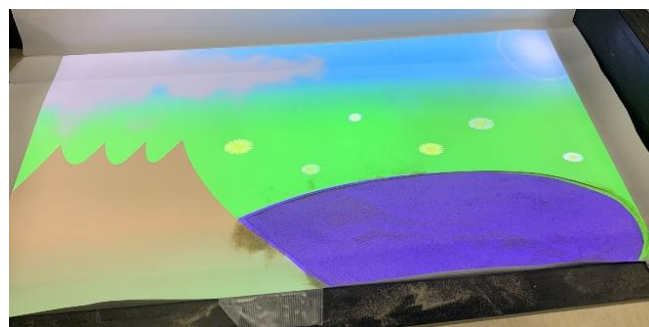


Fig.6 Projection to fluid bed interface

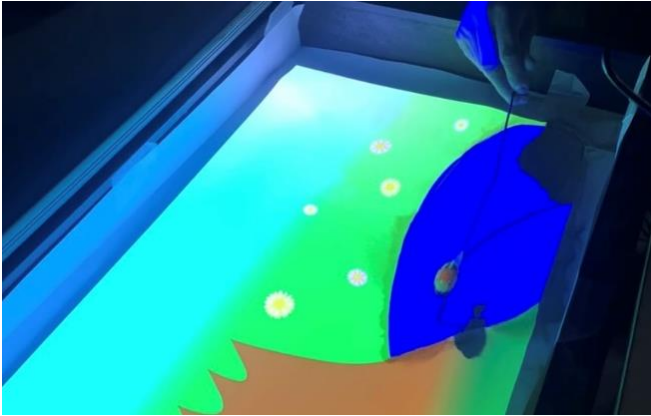


Fig.7 Fish model production



Fig.8 Production of eruption

## 5. 演出の追加

コンテンツの作成と同様に Adobe After Effects を用いて、撮影したコンテンツにエフェクトや効果音を追加する作業を行った。緩やかに場面が転換する場面では各場面の効果音を複数重ねることで、場面の転換点を自然なものとなるよう工夫をした。またカメラの性能により、コンテンツ全体の色味が薄いものに変化していたため、色調の補正が必要となった。

Fig.9, Fig.10 は、色調の補正およびエフェクトの追加をしていないものと、追加した後の比較画像である。色調の補正に関して、暗室で撮影を行った影響により、Fig.9 のような背景が黒い場面では特に、カメラに取り込まれる光が少なく、全体の色味がくすんで撮影された。これを Adobe After Effects のチャンネル制御機能にて色調の補正を行った。

また噴火時の炎の表現のためのエフェクトの追加について、以下に記す。まずエフェクト機能の、

ノイズを演出する「タービュレントノイズ」にて炎の質感と動きを表現した後、カラー補正を行うことの出来る「コロラマ」でノイズを赤色に変更し、選択範囲に液体のような動きをつけることの出来る「CC Mr.Mercury」で範囲の選択および動きの詳細を設定し、Fig.11 のような炎を作成した。

次に、同じくエフェクト機能の、指定範囲を歪ませることの出来る「タービュレントディスプレイス」にて、Fig.12 のようなよりリアリティのある炎を表現した。

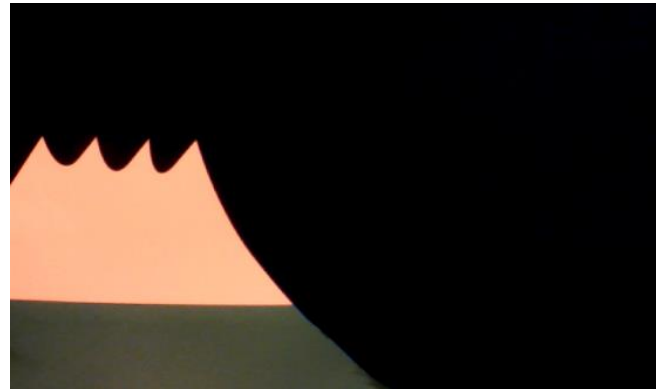


Fig.9 Before color correction



Fig.10 After color correction



Fig.11 Eruption effect 1



Fig12. Eruption effect 2

## 6. まとめ

流動床インタフェースをスクリーンとして設置した、プロジェクションマッピングに関する検討を行った。流動床インタフェースの「自動的に動きを持たせることが出来る点」と「ものの出し入れが可能な点」を利用した映像コンテンツを検討した。プロジェクションマッピングを用いた映像コンテンツの、表現の幅の拡大が可能となった。また、同一の場所の設定において大きく場面が転換する際に、プロジェクションマッピングと音の効果および、流動床インタフェースの特性をいかし、転換点を自然なものにすることを可能にした。

今後は、流動化の有無や強さの違いなどを組み

合わせたり、砂の色を変えたりすることにより、新しいプロジェクションマッピングの可能性を検討する。例えば流動化した砂面で人体模型や臓器を形どり、そこに正確な色の映像を投影するプロジェクションマッピング技術を開発し、医療教育や術前カンファレンスなどでの可能性を探る。また、触れて投影面の中に手やものの出し入れをすることができるディスプレイが実現できるので、新しい応用への可能性が広がる。

流動化しているときは表面を動的制御でき、さらにものの出し入れが行える。観察角度の変化に伴う明るさと色の変化を計測し、さらにデプスカメラなどで砂表面の深さ方向の変化に伴う明るさや色の変化などの測定を行い、砂面への色再現手法、および色彩制御技術の研究を進めていく予定である。

## 文 献

- 1) 的場やすし, 菅谷諭, :流動床インタフェース:液体のようにふるまう砂を用いたインタラクションシステム, 情報処理学会インタラクション 2017, 2-510-28, pp476-479, 2017.
- 2) 鈴木郁宣, 土田勝, 菅谷諭, 木村昭悟, 原田登: 砂面への投影画像の色再現性に関する検討(第1報), 日本色彩学会視覚情報基礎研究会第41回研究発表会, (1-1), 2021.