



# プロジェクションマッピングシステムの 統合制作環境の開発(第 2 報)

Development of an Integrated Production Environment for Projection Mapping System (2nd report)

永野佳孝<sup>1)</sup>, 杉森順子<sup>2)</sup>

Yoshitaka NAGANO and Junko SUGIMORI

1) 愛知工科大学 工学部 (〒443-0047 愛知県蒲郡市西迫町馬乗 50-2, nagano-yoshi@aut.ac.jp)

2) 桜美林大学 芸術文化学群 (〒194-0032 東京都町田市本町田 2600-4, sugimori@obirin.ac.jp)

**概要:** 我々は FPGA ボードを使用して画素単位での映像の幾何補正を実現したプロジェクションマッピングシステムを開発している。本システムを簡単に操作できるように、このシステムに GUI を実装し、幾何補正の計測や映像表示位置の調整などの機能を持った統合制作環境を構築している。本報では、この統合制作環境の基本操作と機能性を高めた結果について報告する。

**キーワード:** FPGA, 画像処理, 自由曲面

## 1. はじめに

プロジェクションマッピングにおける基本技術は、投影対象物の表面形状に合わせてプロジェクタから投影する映像を正確に変形させて投影することである。投影対象物の表面が自由曲面である場合、画素単位での幾何変換が必要となる。これは映像コンテンツの制作者にとって非常に煩雑な調整作業を強いる。投影対象物やプロジェクタが振動などでわずかにずれるだけでも、視聴者は映像のずれを認識する。このために長期間の展示には、幾度となく再調整が必要であり、設置環境によっては毎日のように再調整することがある。調整作業の煩わしさを解決するため、我々は、プロジェクタカメラシステムによる幾何補正座標の計測と、FPGA ボードによる画素単位での幾何補正を実現したシステムを開発してきた[1]。さらに、このシステムを簡単に利用できるように統合開発環境となる GUI ベースのアプリケーションの開発に着手した[2]。この統合開発環境は機能拡張を随時行っており、本稿では、本アプリケーションの操作方法と、最近の機能拡張について報告する。

## 2. システム構成とアプリケーションの基本操作

図 1 は本システムの構成を示す。ビデオカメラは、投影立体物の真正面に置かれ、プロジェクタ映像の幾何補正用マッピングデータを計測するときのみ使用する。FPGA ボードには HDMI 入力端子と出力端子があり、それぞれがノート PC の HDMI 出力端子と、プロジェクタの HDMI 入力端子に接続されている。

図 2 は開発中のアプリケーションのトップメニューである。トップメニューからボタンを順番にクリックすることで、マッピングデータの計測やマスクキングなどの

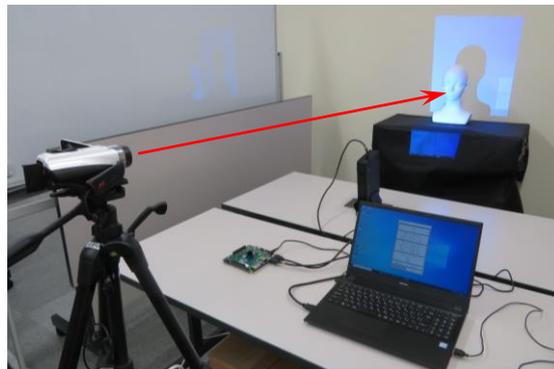


図 1: システム構成

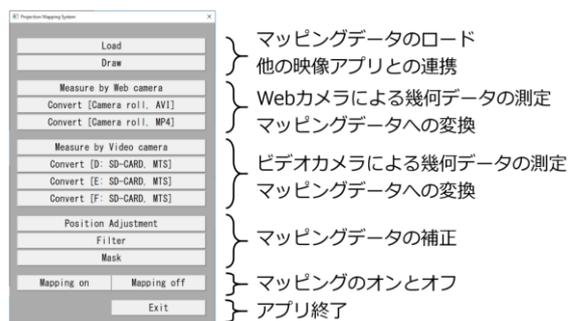


図 2: トップメニュー

プロジェクションマッピングに必要な処理を行うことができるようになっている。

図3に示すようにマッピングデータの測定は、まず、計測ボタンをクリックし、ビデオカメラまたはWebカメラを使ってプロジェクタから出力される幾何補正用パターンの録画から始める。次に変換ボタンをクリックすると、録画されたパターンから、マッピングデータが生成される。その後マッピングデータの位置調整、ノイズ削除のフィルタリング、マスキング処理などを各ボタンで実行し、最終的なマッピングデータが完成する。最後にマッピングデータをFPGAボードへ転送する。

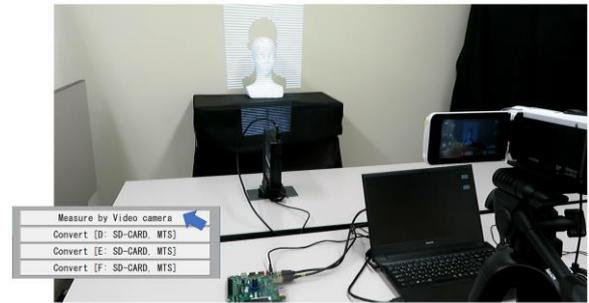


図3: マッピングデータの計測

### 3. 拡張された機能

#### 3.1 縦型プロジェクタへの対応

プロジェクタの縦置きは一般的ではないが、胸像のような縦長の立体物に映像を投影する場合、プロジェクタも縦置きの方が適している。投影領域が広がることで投影輝度が高くなるからである。プロジェクタの映像をノートPCの拡張画面に割り当てるので、拡張画面の解像度を確認することで、プロジェクタの設置向きを判断できる。

図4は、マッピングデータをFPGAボードに転送後、本アプリケーション上で別の動画アプリケーションを操作して表示位置などを調整している様子を示している。左側は、ヘッドマネキンに投影されたプロジェクタ映像である。プロジェクタ映像は、動画アプリケーションを使用して表示されているが、再生ボタンなどはFPGAボードによってマスキング処理後のために表示されていない。このままでは操作ができないため、右側に示すPCのメイン画面には、拡張画面の画像が転送されている。メイン画面に転送された拡張画面の画像は、拡張画面の操作へ転送されている。拡張画面は縦長の場合では横長のメイン画面に画像全体が入るように、拡張画面を2分割して転送する。

#### 3.2 PCとFPGAボードとの通信

PCからFPGAボードを制御するため、映像の中に制御のための特殊コードを埋め込むことにした。一方、PCから出力されるRGBの各輝度には、フルレンジ(0から255)とリミテッドレンジ(16から235)の2種類がある。リミテッドレンジの場合、0から255の出力が、16から235に変換されて出力されている。PCのモニタ設定を使用して、フルレンジに設定する方法もあるが、本アプリケーションでは両方のレンジに対応した。フルレンジであれば、1画素 $3 \times 8\text{bit}$ の24bitの情報を送ることが可能であるが、リミテッドレンジにも対応するために1画素で $3 \times 3\text{bit}$ の9bitのデータとして、両方のレンジでも対応できる輝度値を選定して制御用特殊コードに使用した。

#### 3.3 倍率と表示位置の自動調整

本システムは、カメラで計測された座標にプロジェクタの座標を合わせる写像変換を使用している。この変換に加えて、倍率や水平方向と垂直方向のオフセット移動の調整



図4: 動画アプリケーションの操作

をし、投影立体物へのプロジェクタ投影面積がなるべく大きくなるようにしている。今回、この倍率と表示位置を自動的に調整する機能を実装した。

#### 3.4 計測不可部分の補間

プロジェクタとカメラは同一光軸上になく、立体物には凹凸があるため、マッピングデータを計測できないプロジェクタの投影領域が存在する。この領域を周辺のマッピングデータから線形補間する機能を追加した。

### 4. まとめ

本アプリケーションを開発したことにより、数分間の時間で自由曲面にて構成されたヘッドマネキンへのプロジェクションマッピングが可能となった。さらに今回の機能拡張では、縦型プロジェクタにも対応したことに加え、自動位置合わせなどを実装したことで製作者の使い勝手が向上した。今後も機能拡張を追加することで、さらに本システムの実用性を向上させていきたい。

**謝辞** 本研究は、JSPS 科研費 20K12536 の助成を受けたものである。

#### 参考文献

- [1] 永野佳孝, 杉森順子: 人型立体物を用いた映像表現, 第24回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 3D-08, 2019.
- [2] 永野佳孝, 三好朝輝, 杉森順子: プロジェクションマッピングシステムの統合制作環境の開発, 日本デザイン学会第68回春季研究発表大会, 6C-03, 2021.