



FPGA プロジェクションマッピングシステムへの 輝度補正機能の追加

Addition of Luminance Correction Function to FPGA Projection Mapping System

永野佳孝¹⁾, 杉森順子²⁾

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: プロジェクションマッピングの品質向上には、投影映像の正確な幾何補正に加えて、輝度や色相の補正が求められる。我々は FPGA を用いたプロジェクションマッピングシステムを開発しており、新たに輝度補正回路を FPGA に追加した。輝度補正は、複数台のプロジェクタを用いる場合において、投影映像の重なった部分を単一の映像のように滑らかにつなげるために必要な機能である。本稿では、FPGA での補正回路の設計と補正機能の確認結果について述べる。

キーワード: ブレンディング, 自由曲面, 映像表現

1. はじめに

プロジェクションマッピングの実現には、立体物の形状に合わせた映像を正確に投影する技術が必要である。立体物が自由曲面で構成される場合、映像の投影位置をピクセル単位で座標変換する幾何補正が不可欠である。我々は、映像制作者の使いやすさの点から、映像コンテンツ制作と幾何補正処理を分離することにし、映像入出力端子のある FPGA ボードで幾何補正を処理することにした。現在までに 2K 解像度に対応し、人型立体物への人物映像の投影では、高いリアリティのある映像表現を実現した[1][2]。

プロジェクションマッピングの映像補正の基本は幾何補正であるが、映像品質のさらなる向上には「輝度補正」や「色相補正」が求められる。輝度補正は、プロジェクタと投影面の成す角度に起因する輝度変化の補正に使われる。プロジェクタを複数台用いる場合では、各投影映像が単一の映像であるように滑らかにつなげるためのブレンディングと呼ばれる処理に輝度補正が必要となる。色相補正は、投影立体物の色の影響を補正するものである。

現在、我々は 360 度プロジェクションマッピングの実現を目標としている。映像を滑らかにつなげるブレンディングの実現には、FPGA ボードに輝度補正機能を実装する必要がある。本稿では、補正回路の概要と確認結果を述べる。

2. 映像補正回路

2.1 補正データ

FPGA ボードに入力された映像は、ピクセル単位で補正

されてプロジェクタへ出力される。映像の補正は予め記憶された補正データに基づいて行われる。補正データは幾何補正データと輝度補正データで構成されている。補正データの入力には、映像入力と同じ HDMI 入力端子を用いる。映像信号の 1 ピクセルは 24bit であるが、幾何補正データは 24bit、輝度補正データは 8bit であるため、両方のデータを個別に入力する。FPGA ボードの中では、1 ピクセルあたり 32bit の補正データとして使用される。

2.2 補正回路

図 1 は FPGA ボード内に設計した映像補正回路である[3]。SDRAM は、入出力映像と補正データを記憶するフレームメモリとして使用される。各チャンネルは SDRAM へのデータアクセスを示している。チャンネル#2 は各ピクセルの幾何補正データが示す座標を出力し、その座標を使ってチャンネル#3 が入力映像からピクセルデータを読み込む。チャンネル#3 はランダムアクセスとなるため、キャッシュ回路が組み込まれている。チャンネル#2 は輝度補正データも同時に出力している。輝度補正を行う乗算回路の入力において、ピクセルデータと輝度補正データのタイミングを合わせる必要があるため、輝度補正データは遅延回路を経由している。

3. 輝度補正機能の確認

図 2 に輝度補正機能の確認に用いた映像を示す。この映像にカメラプロジェクタシステムを用いて、カメラとプロジェクタの幾何補正データを計測した。使用した映像は正

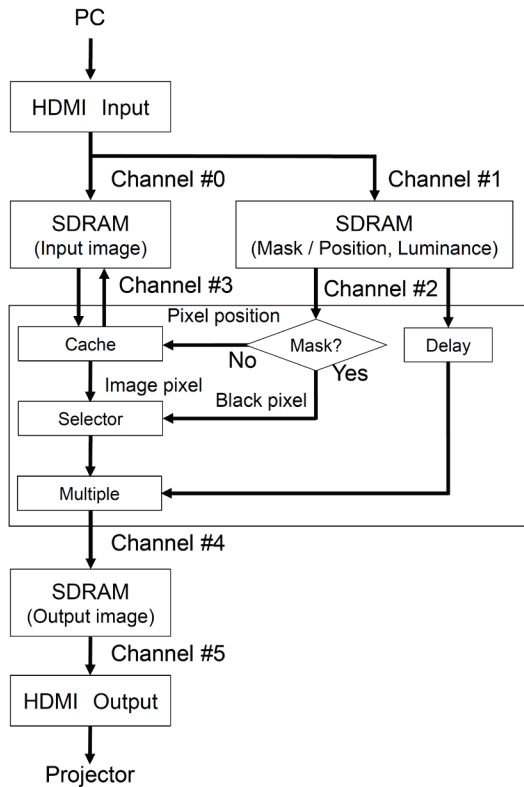
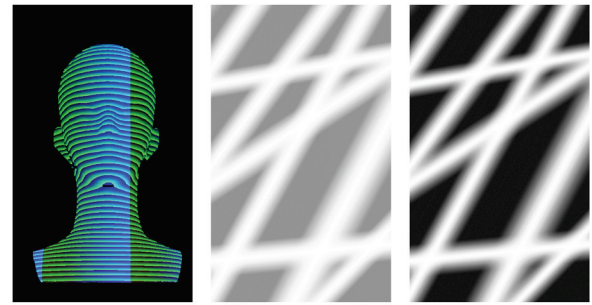


図 1: FPGA における映像補正回路

面から撮影した人物の顔写真であるため、カメラを胸像の真正面に設置した。図 3(a)は、映像補正データである。左の図が幾何補正データであり、中央と右の図が輝度補正データである。今回は、輝度補正機能の動作確認が目的であるため、複雑なパターンを使用した。2つの輝度補正データは補正の輝度パターンは同じであるが補正量が異なる。輝度補正データの各ピクセルの輝度は、入力映像の輝度補正量を示している。図 3(b)が補正データに合わせて映像を出力した結果である。左の図は輝度補正がなく幾何補正のみである。中央と右の図では、使用した輝度補正パターンに反映されてピクセル単位で輝度補正機能が動作してい

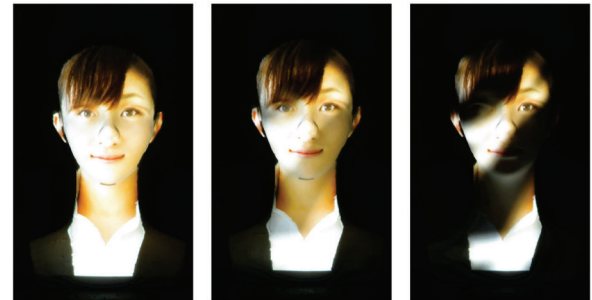


図 2: 胸像とプロジェクタ



Position data Luminance data #0 Luminance data #1

(a) 映像補正データ



Position data + No luminance data Position data + Luminance data #0 Position data + Luminance data #1

(b) 補正映像の投影結果

図 3: 映像補正データと補正結果

ることを確認できる。なお、輝度補正機能の追加による映像補正速度の低下はなかった。

4. むすび

FPGA で実現した我々の幾何補正装置に輝度補正機能を追加した。胸像を用いてピクセル単位の輝度補正機能が動作していることを確認した。今後は、カメラプロジェクタシステムを使用している計測ソフトウェアを拡張し、複数台のプロジェクタでの自動ブレンディング機能を実現していく。

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] 杉森順子, 永野佳孝: リアルタイム形状補正を用いた新しいプロジェクションマッピングコンテンツの検討, 第 22 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 1A4-03, 2017.
- [2] 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.
- [3] 永野佳孝, 杉森順子: FPGA を用いた立体物へのプロジェクションマッピングの実現, 2019 年映像情報メディア学会年次大会, 11D-2, 2019.