

学籍番号 氏名	V21027 岩尾 奏汰	指導教員	藤枝 直輝
題目	可視化ライブラリの実現に向けた描画プログラムのハードウェア化		

1 はじめに

FPGA (Field Programmable Gate Array) を使った応用システムの利用が広がっている。システムの動作を可視化するためには、蛍光管や液晶などを用いた様々な表示器が使われる。こうした表示器は、駆動や制御に必要な周辺回路を搭載しており、シンプルなコマンド送信だけで文字やグラフィックを簡単に表示できる製品もある [1]。FPGA や、FPGA を搭載したシステムオンチップ (SoC) を使う場合、可視化のために、このようなコマンド制御や映像出力のための回路を内蔵する方法がある。映像出力用のビデオメモリに文字や画像を描画するライブラリを使う場合には、扱いやすさと描画性能の両立が求められる。

本研究の目的は2つである。1つは、既存ライブラリを用いた描画プログラムの実行時間を測定することである。もう1つは、円の描画プログラムをハードウェア化して、ソフトウェア実行と比較することである。

2 デモシステム

本研究では、文献 [2] で開発された画像重ね合わせシステムを土台とする。システムは、AMD 社の Zynq SoC を搭載した、Digilent 社の PYNQ-Z1 ボードで動作する。このボードには、HDMI 入力・出力の端子が1つずつ搭載されている。SoC の FPGA 部分には、HDMI 信号の入出力回路、画像重ね合わせ用の RAM、重ね合わせの制御回路が含まれる。HDMI から映像を出力するとき、RAM の内容を読み取り、最上位ビットが1なら残りのビットの値に応じた画素値を出力し、0なら元々の画素値を出力する。これにより、任意の画像の画素値を、HDMI からの入力画像の画素値と入れ替えることで、画像の重ね合わせをしている。

3 性能測定

2 節で説明したデモシステムに対して、ソフトウェアの描画処理の性能を測定する。SoC のプロセッサ部分で、Python と OpenCV を使用した描画プログラムを実行する。文字、円、長方形を対象に、大きさと線の太さを変更しながら測定を行う。単体処理の時間として、1 回だけ描画する場合の実行時間を測定する。繰り返し処理の時間として、位置を変えながら 336 回描画し、1 回の描画あたりの実行時間を求める。

測定の結果、半径が大きく線が大きい円を描画するとき、処理時間が大きくなった。半径 5、太さ 1 の場合、単体処理で 2.04 ms、繰り返し処理で 0.0288 ms を要した。これに対し、半径 100、太さ 51 の場合、単体処理で 11.3 ms、繰り返し処理で 2.99 ms を要した。

4 ハードウェア化と測定

3 節の結果から、対象を円に絞り、描画プログラムのハードウェア化と性能測定を行う。描画プログラムを C 言語で記述し、Vitis HLS という高位合成ツールでハードウェアに変換する。2 節で説明したデモシステムに対して、作成したハードウェアを追加し、プロセッサのメインメモリと画像重ね合わせ用の RAM との両方に接続する。測定では、2 つの描画方法を使用する。方法 1 では、メインメモリ上の配列 obuf に描画してから、その内容を RAM にコピーする。方法 2 では、obuf を経由せずに直接 RAM に描画する。

ハードウェア化した回路の処理時間を 3 節と同様の方法で測定した結果、半径 100、太さ 51 の場合、方法 1 では単体処理で 14.1 ms、繰り返し処理で 6.32 ms を要した。方法 2 では単体処理で 5.69 ms、繰り返し処理で 4.75 ms を要した。方法 1 には、ソフトウェアの描画処理と組み合わせて使いやすい利点がある。しかし、メインメモリから RAM へのコピーの分だけ、余分に処理時間がかかる。

5 おわりに

本研究では、FPGA 上での可視化ライブラリの実現に向けて、既存のライブラリの性能測定と、描画プログラムのハードウェア化を行った。ハードウェア化により、いくつかのケースで処理時間が短縮された。今後の課題として、ハードウェア化したときの処理の最適化や、他の図形への対応が挙げられる。

参考文献

- [1] ノリタケ伊勢電子, VFD モジュール, <https://www.noritake-itron.jp/products/module>, 2025/1/30 参照.
- [2] N. Fujieda, N. Ito, A case for edge video processing with FPGA SoC: reversi board detection using Hough transform, in CANDARW 2024, pp. 50-55, 2024.