

リアルタイム処理に向けた FPGA による OV7670 の制御

1210065 小池 智哉 (Soft Intelligent System On a Chip 研究室)

(指導教員 星野 孝総 准教授)

1. はじめに

工場の欠品検査システムでは作業の高速化、検査の質の向上のために FPGA の処理が多用されている。しかし、FPGA の処理は独自性が高く、特別な知識が必要となる。これを避けるためプロセッサのみのシステム運用も行われているが、メモリ不足やレイテンシ時間の増加が問題となっている。よって、本研究ではソフトウェアとハードウェアの親和性が高く、より高速かつ精度の高いシステムの開発を目指す。その第一段階として、工場の欠品検査のための画像処理システムを SoC FPGA を用いて構築し、画像処理に用いられる 2 値化処理、グレースケール化、ネガポジ変換、そしてフィルタ処理をハードウェアに実装した際にどれほどの精度を得られるかに焦点を当てて研究を行った。

2. プリント基板上の欠品検査システム

数ある工業製品のすべてに対応するシステム設計は不可能であり、それぞれの製品の形状や特性に合わせたシステムの設計が必要となる。その中でも本研究ではプリント基板に生じる欠陥を検出するシステム構築を行った。図 1 に、欠陥を検出するためのシステムの処理フローを示す。



図 1: 処理フロー

カメラから取り込んだ画像に対して正確な処理を行うためには、カメラの撮像素子の不良などから生じるノイズの除去が重要になる。ノイズ除去のために、初めにグレースケール化と 2 値化とネガポジ変換を行った。次に、メディアンフィルタを適用した。メディアンフィルタとは $n \times n$ 領域において、領域内の各輝度値を小さい順、もしくは大きい順に並び替え、中央値を注目画素の出力とする処理である。これにより、大きな濃淡変化を保存しながら平滑化を行うことができる。そして、欠陥検出の処理はモルフォロジーフィルタによって行い、処理結果を出力した。モルフォロジーフィルタとは、画像に対して膨張・収縮処理を繰り返し行い、その画像群と元画像との画像間演算を用いて画像を変形させる手法である [1]。これを用いることにより、位置合わせの必要なパターン比較で検出を行う必要がなく、設計パターンと検出パターンの差分を取るだけで検出を発見することができる。

3. 実験内容

初めにカメラデータの転送と表示を行うシステムを構築し、画像を取得した。処理フローに示したメディアンフィルタまでの各処理をフリーソフトの GIMP2.10(ソフトウェア)と FPGA(ハードウェア)上での回路のそれぞれで行い、それらの結果を比較することでフィルタ処理の精度を調べた。図 2 に、処理フローを実現するために実際に構築したシステムの概要図を示す。

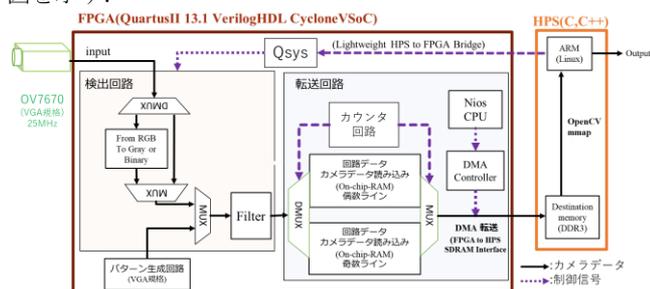


図 2: 構築したシステム

図中の実線はカメラデータの転送の流れを表し、点線が制御信号の流れを表している。FPGA から HPS にカメラデータを送信し、HPS から FPGA に制御信号を送信することで、HPS に出力させる処理結果や 2 値化の閾値の制御を行っている。

4. 出力結果

GIMP と FPGA での 2 値化処理結果を図 3 と図 4 に、ネガポジ変換の結果を図 5 と図 6 に、グレースケール化の結果を図 7 と図 8 にそれぞれ示す。



図 3: GIMP の 2 値化



図 4: FPGA の 2 値化



図 5: GIMP ネガポジ変換



図 6: FPGA ネガポジ変換



図 7: GIMP グレースケール化



図 8: FPGA グレースケール化
これらの図からこれら 3 つの処理結果は GIMP と FPGA でおおよそ同じになることが分かった。

2 値化処理を行うと、円形に影ができてしまった。これは、照明の当て方や強さに原因があると考えられる。

GIMP と FPGA でのメディアンフィルタの処理結果をそれぞれ図 9 と図 10 に示す。

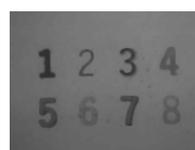


図 9: GIMP の出力結果

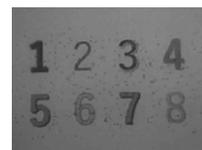


図 10: FPGA の出力

FPGA を用いての出力では、GIMP ほど精度の高いノイズ除去は出来なかった。これはフィルタ窓が小さかったことや、カメラが処理できる画素値の限度が原因であると考えられる。

5. まとめ

GIMP と FPGA との処理の比較から、画像処理における照明の強さや当て方の重要性を示すことができた。2 値化処理、ネガポジ変換、グレースケール化は FPGA でも十分な精度が得られたが、メディアンフィルタの精度向上には今後も検討が必要である。加えて、処理時間や輝度値などの定量的な評価や、モルフォロジーフィルタの FPGA への実装が課題となる。

参考文献

[1] 萩原義裕, 小畑秀文, "不定形微小凸領域抽出のための領域拡張を伴うモルフォロジカルフィルタとその医用画像処理への応用," 信学論(D), vol.83, no.1, pp.109-117, 2000.