

電子基板の挿入もれ判定における基礎研究

茂木 友哉[†] 滑川 光裕[‡] 植田 佳典[†]東洋大学[†] 嘉悦大学[‡]

1. はじめに

中小規模の工場で生産された電子基板の不良確認は人手による検査が多く、検査ミスが発生する可能性が高い。本研究では、画像処理技術により電子基板の検査を行い、欠損や不良を自動的に発見するシステム方式の確立、及び認識精度の向上を目的としている。今回は、色情報を利用した部品座標の取得法[1]の改良を行う。色の情報に低彩度の色(黒色や白色)を追加することで部品認識の改善を行う。

2. HSV 形式を用いた部品認識

本研究では、色を表現する基本的な形式である RGB 形式の代わりに、より人間の感覚に近い HSV 形式の色情報を用いて部品認識を行う。HSV 形式は、色相(Hue)、彩度(Saturation)、明度(Value)の要素で色を表現する。色相は 0-360 度の範囲で色合いを表し、照明や金属反射の影響を受けにくい。この特徴を活かした部品認識法について示す。処理の手順は以下の通りである。

- (1) 色の抽出はまず、色相の値域を 8 等分割する。分割は基板に含まれる色を基準に設定した。次にそれぞれの区間に属する色をそれぞれ抽出する。ここで、彩度が低い画素は部品の形状を正確に認識する際に障害となるため、それらの画素を除去することで抜き出し精度の改善をする。図 1(a)は入力する部品の画像の一部を示している。図 1(b)は入力画像から青色の部品を抜き出した例である。
- (2) 色相分割で得られた各色の成分から境界線追跡を行い、部品の輪郭を得る。ここで得た輪郭をもとに部品の始点と終点を決定する。各部品の領域 $R(i)$ ($i=1,2,\dots$)における始点を (x_{si}, y_{si}) 、終点を (x_{ei}, y_{ei}) 、境界線追跡で得られた座標を $f(x_j, y_j)$ ($j=1,2,\dots$)とすると、それぞれの座標は式(1)で決定する。

$$R(i) = \begin{cases} x_{si} = \min(x_{fj}) \\ y_{si} = \min(y_{fj}) \\ x_{ei} = \max(x_{fj}) \\ y_{ei} = \max(y_{fj}) \end{cases} \quad (1)$$

- (3) 誤認となる確率を軽減するため、座標が重複する領域を統合する。この処理は抽出された部品の領域を $R(i)$ 、結合後の領域を R_{comb} とすると、領域の結合は式(2)で表す。

$$R_{comb} = \begin{cases} R(i) \cup R(j) & (\text{if } i \neq j \text{ and } \exists R(i) \cap R(j)) \\ R(i) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

これらの処理で得られた部品領域を出力することで、目視による部品認識精度と誤差の検討をする。図 1(c)に青色の部品の領域を示す。

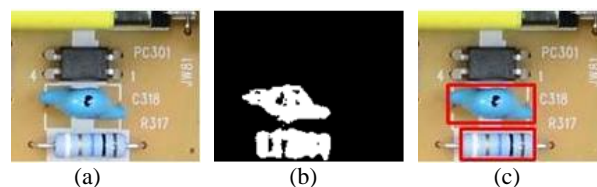


図 1.HSV 形式を用いた部品認識

3. 低彩度画素を追加しての検証

前章の手法では、低彩度の画素を除去するために、黒色や白色(銀色)の部品が認識困難となるきらいがあった。そのため、低彩度の画素も色と同様の抽出をすることでこれらの改善をする。ここでは RGB 形式の平均値を利用する方法とシグモイド関数を利用する方法を行っている。

3.1 RGB 形式の平均を利用した手法

RGB 形式のそれぞれの R,G,B から平均値を求め、低彩度の画素を判定する。式(3),(4),(5)の全てを満たす画素を低彩度画素とする。 $\alpha_R, \alpha_G, \alpha_B$ はそれぞれ赤、緑、青に対する低彩度の許容範囲を設定したものである。今回の実験では、予備実験で求めた適切な値として、 $\alpha_R = 12, \alpha_G = 10, \alpha_B = 40$ と設定した。

$$|ave(R, G, B) - R| \leq \alpha_R \quad (3)$$

$$|ave(R, G, B) - G| \leq \alpha_G \quad (4)$$

$$|ave(R, G, B) - B| \leq \alpha_B \quad (5)$$

低彩度と判定された画素は、画素が取りうる値(0-255)の中間点を閾値として、その値より低ければ黒色、高ければ白色として抽出される。図2はRGBの平均値を用いて黒色の部品を抽出した結果である。

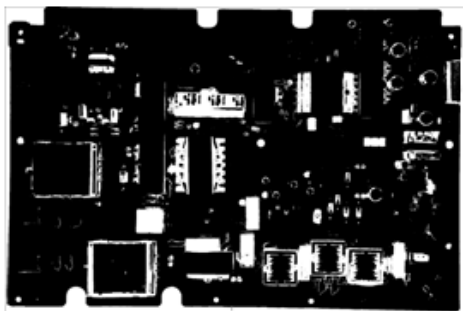


図2. RGB平均値を用いた黒色部品の抽出

3.2 シグモイド関数を用いた手法

エッジの検出にシグモイド関数を使用する手法[2]を低彩度の画素検出に応用する。シグモイド関数による重み付けを利用し、低彩度の画素を明確に判断することを目的としている。シグモイド関数は式(6)で表される。ここでは、 $k=0.8$ 、 x の値はRGB形式の値をグレースケール化し、その値域を[0 - 255]から[-5 - 5]に正規化した値を使用した。その後、 $f(x)$ が0.45以下のとき黒色、0.8以上のとき白色とするよう閾値を設定した。図3にシグモイド関数を用いて黒色部品を抽出した場合の結果を示す。

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-kx}} \quad (-1 \leq f(x) \leq 1) \quad (6)$$

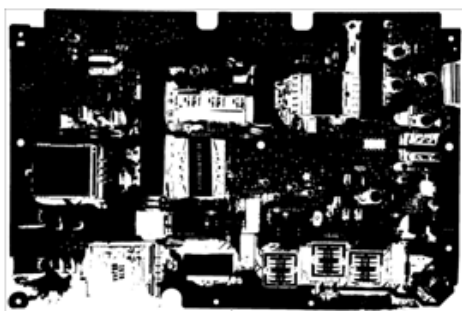


図3. シグモイド関数を用いた黒色部品の抽出

3.3 実験結果の比較評価

色相分割による部品認識結果と低彩度の領域を追加した部品認識結果の比較を行う。図4に色相分割による部品認識結果を示す。また、図5

には低彩度領域を追加した認識結果を示す。低彩度領域の検出はRGB平均を利用した手法を用いて行っている。

低彩度を加えた結果、基板における金属線や黒色の部品の認識が可能になっていることが分かる。これにより、部品認識の改善が確認できた。一方で、基板にプリントされている文字の誤認識も多いことが分かったため、直接的な認識率の改善には繋がらなかった。

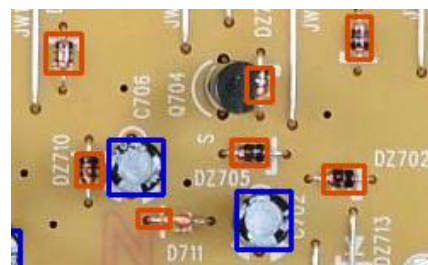


図4. 色相分割による部品認識

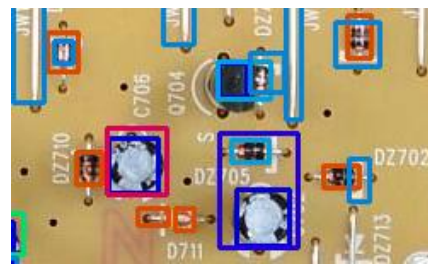


図5. 低彩度領域を追加した部品認識

4. 評価

部品認識に彩度が低い画素の部品抽出結果を加えることで、今までに認識が困難であった黒色や白色(銀色)の部品が認識可能となった。

RGB形式の平均を利用した手法では、予測よりも明暗による影響が少ない。しかし、細部の形を再現する能力は高くない。

シグモイド関数を用いた方法では、実際の部品の形に近い抽出が可能である。一方で、明暗の変化に影響を受けやすく、改良が必要である。

また、今回は部品認識の向上は可能であったが誤認識も増加してしまった。これらの問題点を解決し、更なる認識の改善を目指す。

参考文献

- [1] Tomoya MOGI, Mitsuhiro NAMEKAWA, Yosinori UEDA: "Detection of Insertion Error Parts in Electronic Boards using HSV Color Format", ISDA2012, pp.357-262, 2012.
- [2] 保刈久明: "シグモイド関数との相関によるエッジ抽出", ビジョン技術の実利用ワークショップ (ViEW2006), 1-6, 2006.