

過検出を低減する高解像度印刷画像検査法

3 A B - 3

倉富 修[†] 中川 和代[†]
[†](株)東芝 マルチメディア技術研究所

1.はじめに

高精細の印刷物の自動検査を目的とした、画像処理技術に基づく欠陥検出方法について述べる。一般的に欠陥検査処理は、基準となる基準画像と被検査画像との比較検査である。印刷物の検査の場合は、人間の感覚に合致した検査も要求される。従来の自動検査方式としてはインデックス空間で人間の感覚を表現する方法[1]もあるが、ここでは基準画像と被検査画像の差分の画像を用いて人間の感覚に合う検査を実現する。

基準画像や被検査画像は印刷物をカメラ等の画像入力装置で読み取って得られるが、印刷物を高解像度で読み取った画像は、エッジで安定した濃度値が得られない場合があり、この入力変動が欠陥と誤判定され、欠陥が過剰に検出される原因となる。ここでは、これを過検出と定義する。さらに、被検査画像が回転方向のズレや伸縮を持つ場合は画像補正をかける必要があるが、その過程でもエッジでは濃度値が変化しやすく、やはり過検出の原因になる。

そこで、基準画像から画素単位に閾値・フィルタを決定することにより、欠陥の過検出を防ぎつつ欠陥領域を抽出する方法を提案する。

2.欠陥検出方法

2-1 画像入力と大枠位置あわせ

OAスキャナを用いて基準画像、被検査画像を入力する。入力時に画像が傾いて入力される場合(以下スキューと記す)が生じるため、これを補正する必要がある。このスキュー補正にはハフ変換[2]を利用して、長方形の四辺を算出し、その傾きからスキューの角度を推定する。その後、被検査画像にアフィン変換[3]を用いて、スキューを補正

する。基準画像とスキュー補正された被検査画像とで長方形の四隅をあわせることにより、大枠の位置合わせが完成する。

2-2 局所位置合わせと差分画像生成

スキュー補正と大枠の位置補正がされた被検査画像と基準画像との各画素を差分する際に、各画素で再び局所的な位置合わせを行っている。大枠の位置合わせの基準点(長方形の四隅)から離れた点では、基準画像と被検査画像の対応する画素がずれることがあるためである。

位置合わせには 5x5 画素サイズの相互相関[4]を用いている。すなわち、基準画像を $ref(i,j)$ 、被検査画像を $obj(i,j)$ 、生成する差分画像を $res(i,j)$ とすると、注目画素 (i,j) において、 $obj(i,j)$ を上下に m 画素、左右に n 画素ずらしたときの相関評価値 T_{ijmn} を計算する。 k,l を積和のための変数とすると、

$$T_{ijmn} = \sum_{k=0}^4 \sum_{l=0}^4 |obj(i+k+m, j+l+n) - ref(i+k, j+l)| \dots (1)$$

$-2 \leq n \leq 2, -2 \leq m \leq 2$ (m,n)は座標ずらし量

この評価値 T_{ijmn} が一番小さい点 (M,N) が局所位置合わせ対応点であり、そのときの (M,N) が局所変動量である。

この時、 (i,j) における差分値は

$$res(i, j) = |obj(i + M, j + N) - ref(i, j)| \dots (2)$$

となる。つまり、被検査画像の注目画素において、 ± 2 の範囲で上下左右に自由に動かしたときに、近傍の画素を含めた相関評価値が一番小さい時の注目画素の差を差分値としている。

2-3 欠陥候補画素抽出

2-2 で生成された差分画像の各画素の値が許容範囲内であるか否かを判断し、許容値を超えていれば欠陥画素とする。この許容値を閾値と呼ぶ。閾値処理後の画像にフィルタ処理を施して、最終的な欠陥検出画像とする。

3.印刷模様に適応した画像処理

高精細入力された画像では、特にエッジの値が変動しやすく、過検出が起りやすい。そこで、エッジは欠陥抽出の感度を低くし、欠陥が目立つところは感度を高くする。今回は、無印刷領域を欠陥が目立つ領域と定義した。

まず基準画像 $ref(i,j)$ の微分画像[4]を生成する。この微分画像の各画素の値から線型変換にて中間閾値画像 $th0(i,j)$ を生成し、次に中間閾値画像に対し $n \times m$ の最大値フィルタを施す。このとき、閾値画像 $th(i,j)$ は、

1. 無印刷領域であるときは低い閾値 A
2. 印刷領域で濃度変化が少ない領域ならば閾値 B(但し、 $B > A$)
3. 1,2 以外ならば $th(i,j) = th0(i,j)$

として決定される。ただし、A、B 及び線型変換の係数は予備実験によりヒューリスティックに決定している。また、印刷領域は輝度情報から決定している。図1に基準画像と閾値画像の例を示す。この閾値画像を用いて、欠陥抽出の実験を行った。



基準画像例 閾値画像例
図1 閾値画像の生成例

4.実験結果

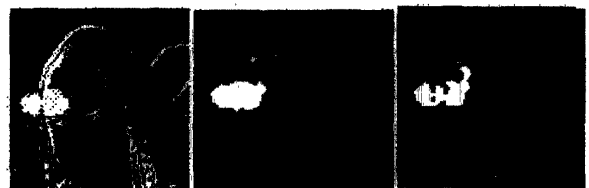
実験は図2の基準画像の原画像をスキャナ(シャープ JX-330)で8本/mmの解像度でワークステーションに取り込んだ後、擬似欠陥を作成し、プリンタ(canon PIXEL Dio)で欠陥を付加した画像と付加しない画像の両方を印刷して基準画像及び被検査画像を作成した。これらを再び同じスキャナで8本/mmの解像度でワークステーションに取り込んで比較した。図2に基準画像および被検査画像を示す。画素サイズは 112×100 である。被検査画像には人物の右眉当たりに濃い汚れを約250画素、人物の額に薄い汚れを約180画素付加した。

この画像に対し、従来の閾値固定の方法で欠陥

抽出した場合(従来法1)、局所位置合わせのみ付加した場合(従来法2)、本方法で欠陥抽出した場合の結果を図3に示す。



基準画像 被検査画像
図2 実験に用いた画像



従来法1 従来法2 本手法
図3 抽出結果

5.考察とまとめ

まず、エッジ部分の過検出について述べる。人物の輪郭部分は、従来法1では過検出が多い。従来法2では過検出は減少するが、若干ノイズが残る。本手法では、過検出が起りやすいエッジ部分が欠陥抽出感度を低くしているため、過検出無く欠陥部分のみ抽出されていることがわかる。

また、人物の額の部分に付加した薄い汚れは、従来法1、従来法2では検出できない領域が、本手法では抽出できた。従来法2では付加した汚れに対し20%の検出感度であるのに対し、本手法の抽出画素数は従来法2と比べて約2倍となっていた。本手法では汚れが目立つ領域を欠陥検出感度を高くしているために検出できていることがわかる。

人物右眉辺りに付加した濃い汚れについては、従来法2ではほぼ全て検出できるのに対し本手法ではエッジ部分の検出感度が落ちているため、抽出画素数は約8割に落ちている。これは過検出とのトレードオフとなる。

今後の課題としては、処理の高速化や抽出した欠陥の分類方法の検討等があげられる。

参考文献

- [1]谷水他：“インデックス空間を用いた印刷欠陥高速検査法”，信学論 vol.J75-D-II, No.11, pp.1818~1826(1992)
- [2]長尾真：“画像認識論”，コロナ社(1983)
- [3]舟久保登：“視覚パターン処理と認識”，啓学出版(1990)
- [4]長尾真監訳：“デジタル画像処理”，近代科学社(1978)