

5 J-7

誤差拡散法による中間調画像の最適化

遠藤隆久 鈴木康修 桑原伸明 天池 学
カシオ計算機(株)

1 はじめに

多値画像を2値化し、疑似的に中間調画像を作るには、ディザ法、平均濃度近似法、誤差拡散法などの種々の手法が知られている。

この誤差拡散法を用いて、原画に近い最適な中間調画像が得られるようアルゴリズムの改善及び最適化を行なったので報告する。

2 誤差拡散法の原理

入力画素をG, 出力画素をBとすると、誤差拡散法の原理は図1のようになる。

ある画素を2値化し、2値化した値と元の画素値を比較して誤差を周囲の未処理の画素に拡散する。拡散には図2に示されるようなフィルタを用いる。●は対象画素であり、数値は誤差の分配比を示す。誤差をフィルタで示されるような比率で周囲画素に加えて、次の画素を2値化するときはこの誤差を含んだ値で2値化する。

順次この演算を繰り返すことによって濃度勾配に近い自然な中間調画像が得られる。

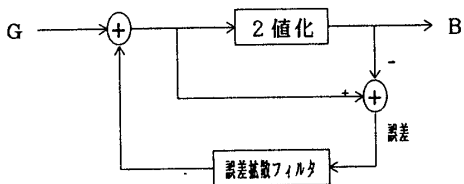


図1 誤差拡散の原理

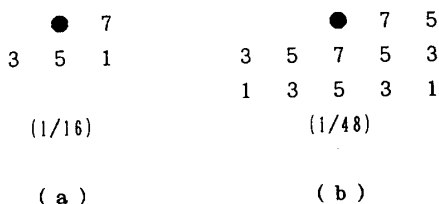


図2 誤差拡散フィルタ

3 SEHOKSの構成

今回作成したSEHOKS (Super Enhancement algorithm Of KnowledgeS)の構成は、図3である。

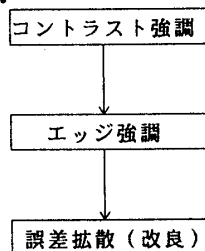


図3 SEHOKSの構成図

3.1 コントラスト強調

中間調の原画をそのまま2値化すると、コントラストが悪くぼやけた画像になる。

画像(a girl with carnation)のヒストグラムを作ると、図4の(i)で示されるように中央付近にその分布がかたよっていることがわかる。つまり、階調数のすべてを使っているわけではなく、未使用の階調が多いことを示している。そこで、この未使用の階調も使うことによってコントラストの強調を行なう。

今回は、以下の2つの方法を試みた。

- ①ヒストグラム伸張
- ②ヒストグラム平坦化

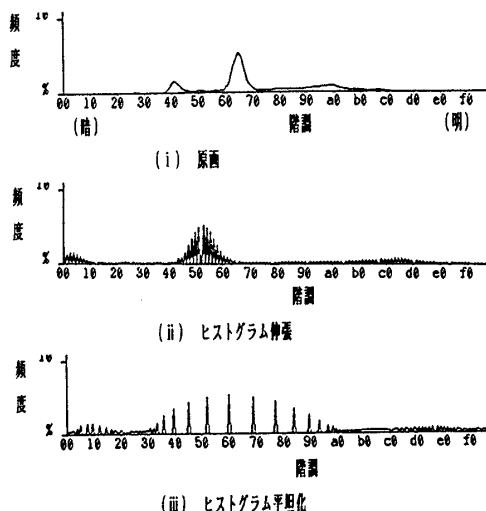


図4 ヒストグラムの比較

以上の2つの方法を比較した結果、①のヒストグラム伸張を採用した。この方法は階調が256階調の場合、ヒストグラムの最大値が $FF(h)$ に、最小値が $00(h)$ になるようにリニアに画素値を変換し、ヒストグラムの引き伸ばされた画像を得る。この結果、暗い部分はより黒く、明るい部分はより白くなりコントラストが強調される。また、画素値の相対的な大小関係は保たれるので原画と比べて違和感の無い画像が得られる。

今回は次のように画素値を変換した。

$$\begin{aligned} 0 \sim 30(h) &\longrightarrow 0 \\ 30(h) \sim F0(h) &\longrightarrow 0 \sim FF(h) \\ F0(h) \sim FF(h) &\longrightarrow FF(h) \end{aligned}$$

3.2 エッジ強調

原画を微分したデータを原画に加えることにより、輪郭の強調された画像が得られる。微分データはラプラシアン・フィルタによって求められる。今回は、図5で示されるラプラシアン・フィルタを使用した。入力データを $f(i, j)$ とすると、式①、②によって出力データ $g(i, j)$ が表される。

$$g(i, j) = f(i, j) - \beta \nabla^2 f(i, j) \quad \dots \textcircled{1}$$

$$\begin{aligned} \nabla^2 f(i, j) = \{ & f(i-1, j-1) \\ & + f(i, j-1) + f(i+1, j-1) \\ & + f(i-1, j) + f(i+1, j) + \\ & f(i-1, j+1) + f(i, j+1) \\ & + f(i+1, j+1) \} * 1/8 \\ & - f(i, j) \quad \dots \textcircled{2} \end{aligned}$$

β の値によって、エッジ強調の程度が決定し β の値を大きくするほどエッジが強調されるが、ノイズ成分が目立つようになる。

これは、ラプラシアン
・フィルタがエッジよ
り線、線より孤立点を
強く強調するためであ
る。 β を変えて画質を
評価した結果、

図5 ラプラシアン・フィルタ

$\beta = 3$ に決定した。

3.3 誤差拡散法の改良

誤差拡散のフィルタとして、図2の(a), (b)が提案されている¹⁾が、評価の結果、今回は(b)のフィルタを採用した。

誤差拡散法には、次の2つの欠点がある。

①拡散方向により、拡散に偏りがあるため、階調の一樣な部分では斜めの縞模様が見れる

②黒領域および白領域へも誤差拡散が行なわれ、黒階調および白階調の再現性が悪くなる

①の改善方法とし、ライン毎に処理方向を逆転させるようにした。また、乱数によるノイズ付加(5%~10%)を評価したが、良好な結果が得られず、ノイズ付加は止めた。

次に②の改善方法として、

(i) 黒階調($F0(h) \sim FF(h)$)に対する誤差拡散処理の禁止

(ii) 白階調($00(h) \sim 03(h)$)に対する誤差拡散処理の禁止

を入れて、画質の改善をしている。

4 まとめ

誤差拡散法を用いた最適な中間調画像が得られるよう改善した中間調画像処理SEHOKSのアルゴリズムを報告した。今後このアルゴリズムをLSI化し、スピードを向上させていく予定である。

最後に、ご協力頂いた関係各位に深謝いたします。

参考文献

- (1)ROBERT A. ULICHNEY: "Dithering with blue noise", Proc. IEEE, VOL. 76, NO. 1(1988)