

# ガウスイルターを用いた誤差拡散文字画像の復元の比較実験

## Experimental Study of Digital Halftoned Character Image Restoration by Gaussian Filter

石渡洋考† 荒井智啓† 石澤 健† 大井直人† 仁後直哉† 久保田裕紀† 嶋 好博†  
Hiroataka Isiwata Tomohiro Arai Ken Isizawa Naoto Ohi Naoya Nigo Hiroki Kubota Yoshihiro Shima

### 1. まえがき

近年、様々な分野において紙の文書を処理することは必要不可欠な業務である。なかでも、紙の文書をスキャナで画像に変換してオンラインの電子文書のように処理する文書画像処理のニーズが高い[1]。2値文書画像が誤差拡散法[2]のような擬似中間調表現で採取された場合、文書画像中の文字パターンの画質が劣化し、文字認識が困難となる[3]。そのため、2値文書画像中の擬似中間調表現された文字パターンを多値の濃淡画像に復元する方法が提案されている[4]。本研究では、3種類の誤差拡散法を用いて擬似中間調表現された文字画像を生成する。そしてその2値文字画像に対してガウス分布を用いて多値画像を復元し、復元した多値画像と元の濃淡画像を比較評価する。

### 2. 擬似中間調表現の2値文字画像の多値復元

#### (1) 誤差拡散法による擬似中間調表現

誤差拡散法は、原画像を擬似階調表現した際に生じる各画素ごとの表現階調誤差に着目し、誤差を周囲の画素に分散する手法である[2]。本研究では、原画像はラスタ走査順に処理するものとし、図1に示す注目画素  $p(x,y)$  に対して右下方向の隣接3画素に誤差を分配する方法を採用した。ここでは、3種類の誤差拡散法を使用する。図1に示すように、誤差拡散の処理領域として、近傍4画素(M1)、近傍5画素(M2)、近傍8画素(M3)の3種類を用いた。また、分配の係数は図1の右横に示す。分配係数  $P_a \sim P_g$  の値は、処理によって生じた誤差を、各方向にどれだけ割り振るかを示している。

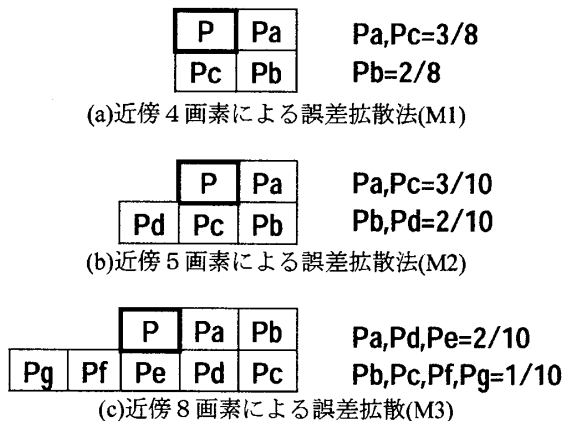


図1 3種類の誤差拡散法

#### (2) 二次元ガウス分布を用いた多値画像復元[4]

擬似中間調表現された2値文字画像は、黒色画素が点在した状態で文字パターンが構成されている。そこで、黒色画素の間の白色画素の空間を黒色画素で埋める処理を行う。埋め方として以下に示す二次元ガウス分布  $G(x,y)$  を使用し、黒色画素をぼかしてボケ画像を作る。これにより白空間を黒色画素で埋め連結させる。なお、マスクサイズは  $11 \times 11$  画素とする。

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

ここで、パラメータ  $\sigma$  を後述の実験では  $0.8 \sim 1.5$  とし、刻みは  $0.1$  ずつである。

### 3. 復元画像の画質評価

復元された文字画像  $Q(i,j)$  ともとの文字画像  $P(i,j)$  を比べる。比較の仕方としては、以下の相関係数  $r$  を使用する。

$$r = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (P(i,j) - P_a)(Q(i,j) - Q_a)}{\sqrt{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (P(i,j) - P_a)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (Q(i,j) - Q_a)^2}} \quad (2)$$

$$P_a = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N P(i,j), Q_a = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N Q(i,j)$$

なお、 $MN$  は画素総数である。

### 4. 多値復元と画質評価の実験

#### (1) 実験システム

文字データベース ETL3C の 9600 個の文字画像を取り出し実験に使用する。画像の解像度は 200dpi、16階調である。復元処理には、パーソナルコンピュータ(CPU: 2.40GHz)を使用した。実験プログラムは、画像取り出し、画像入力、誤差拡散2値化、文字復元処理、相関係数、画像出力の各モジュールからなり、C言語で作成している。

図2に、実験のフローチャートを示す。実験手順は、まず、文字データベースから濃淡文字画像を取り出す。そして、誤差拡散法により2値文字画像を生成する。次に、ガウス分布によって多値文字画像を復元する。最後に、得られた多値文字画像と元の濃淡文字画像の画質を相関係数を用いて比較する。なお、パラメータ  $\sigma$  は  $0.8 \sim 1.5$  とし、粗い刻みは  $0.1$  ずつ、細かい刻みは  $0.02$  とした。

#### (2) 実験結果

ガウス分布によって復元された画像結果の例を、図3、図4に示す。図に用いた  $\sigma$  の値は、 $1.08$  である。図3、図4の(a)は原画像、(b)は誤差拡散法を適用した画像、(c)は復元結果である。図3、図4中(b)の[M1]は、誤差拡散法

†明星大学 理工学部電気工学科, Faculty of Physical Sciences and Engineering, Meisei University

(M1)を適用した2値中間調表現画像である。同図(c)中の(M1)は、誤差拡散法(M1)を適用した画像に対して復元した画像である。(M2),(M3)も同様である。ETL3Cより復元した9600個の文字画像(数字と記号)に対して相関係数の平均値を表1~表3に示す。三つの実験とも、 $\sigma=1.1$ 近辺で良好な相関値を得ている。3種類の誤差拡散法においても本提案の文字パターン復元が有効である。

5. あとがき

近傍領域を変えた3種類の誤差拡散法を用いた、擬似中間調表現画像に対する比較実験の結果、いずれの中間調表現画像に対しても、良好な復元画像が得られた。本提案の文字パターン復元法の有効性を確認した。今後の課題は多値復元画像に対する2値化方法の考案である。ETL文字データベースを使用させて頂いたことを感謝する。

6. 参考文献

[1] S. Gopisetty, R. Lorie, J. Mao, M. Mohiuddin, A. Sorin and E. Yair, "Automated forms-processing software and services," IBM J. Res. Develop., Vol.40, No.2, March 1996, pp.211-230  
 [2] M. S. Shroeder, "Images from Computer," IEEE Spectrum, Vol.9, No.3, 1969, pp.66-78  
 [3] 嶋 好博, 越智慎介, 久保田裕紀, 黒田 玲, 関口 諒, "擬似中間調表現の2値文字画像に対するパターン復元の一手法", FIT2004(第3回情報科学技術フォーラム), I-015, Sep., 2004, pp.31-32  
 [4] 関口 諒, 大矢博史, 嶋 好博, "擬似中間調表現の文字画像の復元に関する実験的検討", 2005年電子情報通信学会総合大会, D-12-44, p194

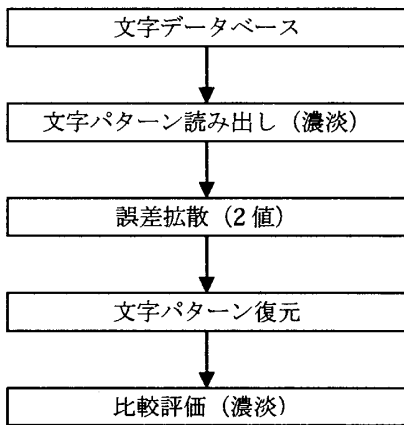


図2 実験のフローチャート

表1 復元パラメータ $\sigma$ と相関係数との関係(M1)

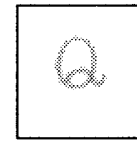
$\sigma$	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.5
相関値	0.9120	0.9327	0.9400	0.9410	0.9383	0.9200

表2 復元パラメータ $\sigma$ と相関係数との関係(M2)

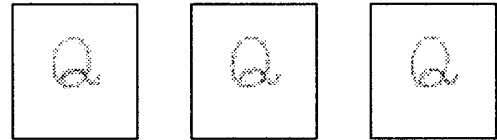
$\sigma$	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.5
相関値	0.9113	0.9355	0.9445	0.9459	0.9431	0.9242

表3 復元パラメータ $\sigma$ と相関係数との関係(M3)

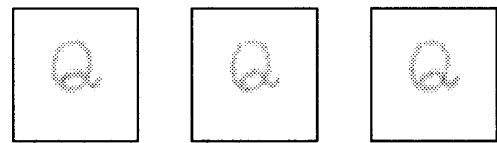
$\sigma$	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.5
相関値	0.9020	0.9264	0.9371	0.9404	0.9393	0.9233



(a)原画像

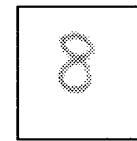


誤差拡散法(M1) 誤差拡散法(M2) 誤差拡散法(M3)  
(b)誤差拡散画像

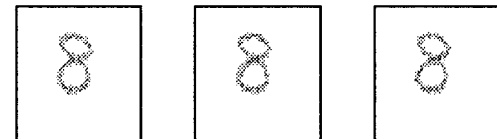


(M1)画像の復元結果 (M2)画像の復元結果 (M3)画像の復元結果  
(c)多値復元画像

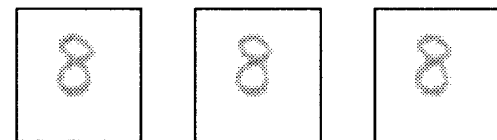
図3 誤差拡散画像と多値復元画像の例(文字「Q」)



(a)原画像



誤差拡散法(M1) 誤差拡散法(M2) 誤差拡散法(M3)  
(b)誤差拡散画像



(M1)画像の復元結果 (M2)画像の復元結果 (M3)画像の復元結果  
(c)多値復元画像

図4 誤差拡散画像と多値復元画像の例(数字「8」)