

ガウスフィルタによるディザ文字画像の復元 に関する実験的検討

Experimental study on the size of Gaussian filter in restoration of dithered character images

石渡 洋考† 栗原 貴昭‡ 齋城 嘉孝‡ 諸星 俊輔‡ 原 和規‡ 久保田 裕紀† 嶋 好博†
Hiroataka Ishiwata Takaaki Kuwahara Yoshitaka Saiki Syunsuke Morohoshi Kazuki Hara Hiroki Kubota Yoshihiro Shima

1. はじめに

近年、様々な分野において紙の文書进行处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値文書画像がディザ法[2]や誤差拡散法のようなハーフトニングで採取された場合、文書画像中の文字パターン画質が劣化し、文字認識が困難となる[3]。そのため、誤差拡散法による文書画像中のハーフトニングされた文字パターンをグレースケール画像に復元する方法が提案されている[4] [5] [6]。本研究では、ディザ文字画像の復元を目的とする。2値画像入力のスキャナやFAXを適用対象とするため、グレースケール画像を、ディザ法を用いてハーフトニング化された文字画像を生成する。その2値文字画像に対してガウスフィルタを用いてグレースケール画像に復元する。パラメータの一つとしてボケの範囲に標準偏差 σ を用いる。また、グレースケール画像に復元するためにフィルタのマスクサイズを切り替える。最後にグレースケール画像と元のグレースケール画像に対して相関係数を用いて比較することにより画質を評価する。

2. ハーフトニング文書画像の復元

(1)ディザ法によるハーフトニング

ハーフトニングとは、ディスプレイやプリンタなどの1ドットの階調表現が乏しい出力装置で階調を表現するために行う処理で、本研究で用いたハーフトニングはディザ法を用いた。ディザ法は、Bayer型、網点型、渦巻型などがあり、本研究では、図1に示すようなBayer型のディザ行列を用いて、グレースケール画像をハーフトニング画像で表す。

0	8	2	10
12	4	14	6
3	11	1	9
15	7	13	5

図1 Bayer型ディザ行列

(2)二次元ガウス分布を用いた多値画像復元

ハーフトニングされたグレースケール画像は、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、黒色画素の間にある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た物を(1)式で示すガウスフィルタのマスクサイズは、 3×3 , 5×5 , 7×7 , 9×9 画素を使用した。またボケの範囲として、実質的には、標準偏差 σ を使い、 $0.8 \sim 3.0$ まで 0.1 ずつ変化させて実験を行った。

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

3. 復元画像の画質の評価

結果出力された文字画像とデータベースの文字画像を評価する。画質評価の方法としては、(2)式で示す相関係数 r を使用して画質評価する。相関係数とは、2つの変数の関係を記述する統計量である。

なお、MNは画素総数である。 P_a は原画像の平均値、 Q_a は復元画像の平均値である。相関係数 r は、 $|1.0|$ に近いほど相関が強いといえる。相関係数には、正の相関と負の相関がある。例えば画像A、Bが同一の物だと相関係数は1.0になり、逆に画像A、Bがまったく白黒逆の画像だと-1.0になるという意味である。

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

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[7]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: Pentium4 3.6GHz)を使用した。実験プログラムは、画像取り出し、ディザ法によるハーフトニング化、文字復元処

†明星大学大学院理工学研究科電気工学専攻, Meisei University

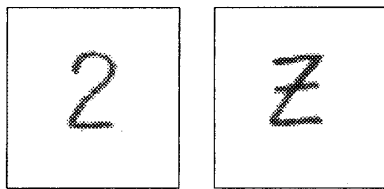
‡明星大学理工学部電気工学科, Meisei University

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. 実験手順は, 文字データベースからグレースケール画像を取り出す. そして, デイザ法によりハーフトーニング画像を生成する. 次に, ガウスフィルターによってグレースケール画像に復元する. 最後に, 得られたグレースケール画像と元のグレースケール画像の画質を相関係数により比較する. なお, 復元パラメータ σ は 0.8~3.0 とした. 刻みは 0.1 ずつ, マスクサイズは, 3×3, 5×5, 7×7, 9×9 画素とした.

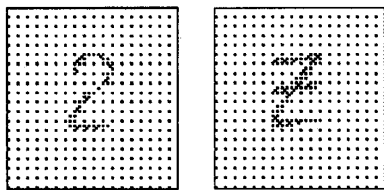
(2)実験結果

ガウスフィルターによって復元された画像結果の例を, 図 2 に示す. 同図に用いた σ の値は 1.9 で, マスクサイズは 5×5 画素である. 同図(a)は原画像, 同図(b)は, デイザ法を適用したハーフトーニング画像である. 同図(c)は, デイザ法を適用した画像に対して復元した画像である. 9600 個の文字画像(英数字)に対して Bayer 型における標準偏差と相関係数との関係を図 3 に示す. 同図に示すように, $\sigma=1.9$ の時, 良好な相関値を得ている. サイズが 5×5 画素の時良好な復元画像が得られた. 図 4 に $\sigma=1.9$ のときのマスクサイズと相関係数との関係を示す. また表 1 に, 1 文字当たりの復元処理の平均時間を示す. マスクサイズを小さくしていけば, それに合わせて処理時間は, 短くなっていくことがわかる.

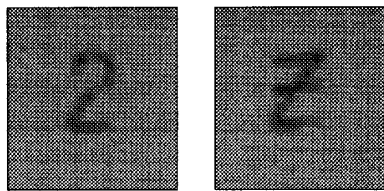
なお, 誤差拡散画像に対する復元画像と比べると, デイザ画像の復元画像の相関値は低い[6].



(a)原画像(「2」と「z」)



(b)デイザ画像(「2」と「z」)



(c)復元されたグレースケール画像(「2」と「z」)

図 2 結果画像

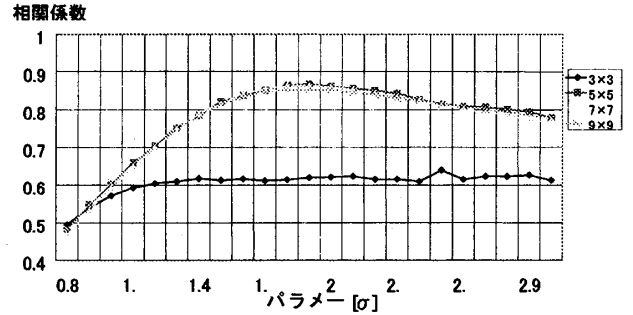


図 3 復元パラメータの相関係数との関係

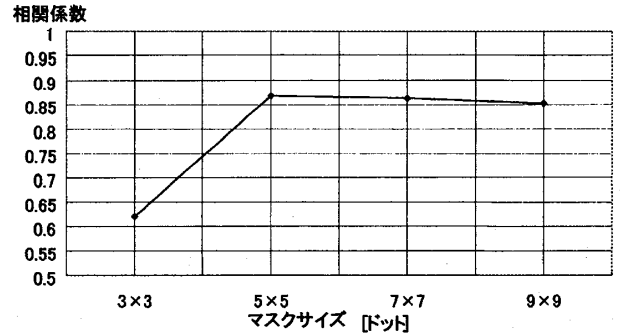


図 4 マスクサイズと相関係数との関係

表 1 一文字当たりの平均時間

マスクサイズ[ドット]	3×3	5×5	7×7	9×9
時間[ms]	0.8319	1.7359	3.4212	5.2138

5. あとがき

ハーフトーニング画像の復元において, マスクサイズが 5×5 画素のとき良好な文字の復元画像が得られた. これにより本提案の文字パターン復元法の有効性を確認した. 今後の課題は文字と写真が混在したハーフトーニング画像の復元方法の考案である. ETL3C 文字データベースを使用させて頂いたことを感謝する.

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
- [5]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, "ガウスフィルターを用いた誤差拡散文字画像の復元の比較実験,"FIT2005(第 4 回情報科学技術フォーラム), I-005, Sep, 2005, pp.17-18
- [6]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, "誤差拡散文字画像の復元におけるガウスフィルターのサイズに関する実験的検討,"2006 年情報処理学会第 68 回全国大会,2M-7, March, 2006
- [7]ETL 文字データベース,
<http://www.is.aist.go.jp/etlcdb/howtoget.htm>