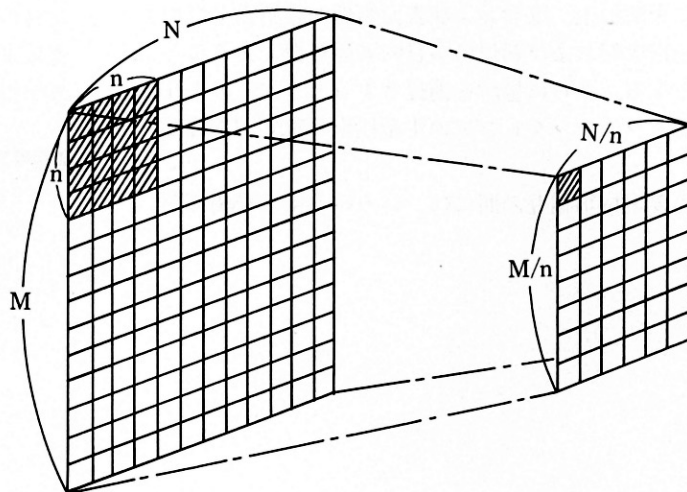


二値画像の画像処理 —中間調画像の復元—

Minimizing Image Deterioration through a New Algorithm

松縄正彦
平塚誠一郎
複写機生産本部
複写機事業部設計部



Abstract:

In order to minimize image deterioration while employing established image processing algorithms, the restoration of continuous tone picture from two-level images through the application of a new algorithm is proposed here.

The number of black pels were counted in each of the unit areas of original two-level images, and from application of the above algorithm, continuous tone levels were obtained, so that picture elements of the restored images corresponded to the unit areas of the two-level images.

Established image processing algorithms were then applied to the restored images, the processed images were converted to two-level images, and impressive results were obtained.

Matsunawa, Masahiko
Hiratsuka, Seichiro
Copier Design Department
Machines Division Copier Business Group
Copier Production Headquarters

1

まえがき

近年、入出力機器のデジタル化が行われ、各種機器でデジタル信号処理技術が適用されている。複写機やファクシミリも例外ではなくデジタルコピーやGIVファクシミリが製品化されている。このような機器では画像を対象とするために、データの処理量が膨大となり、データ処理速度、記憶容量、価格等の面から機器実用上制約条件が非常に多い。例としてA4判原稿を16dots/mmの撮像解像度で入力する場合を考える。1画素8bitsとするとデータ量は16MByteにもなる。従って大量の原稿を処理する場合には、画像データを2値化して扱う、又は2値化した後で符号化圧縮しデータ量・記憶容量を低減する事が行なわれる。

ところで、このように処理された2値画像データに対して画像処理、例えば拡大・縮小等を施すと画像劣化を生ずる。例として投影法を2値ディザ画像に対して適用した例を図1に示す。

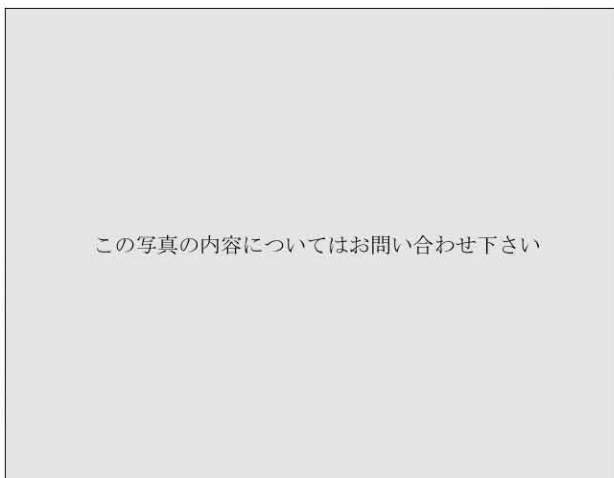


図1 (a) 原画
Fig.1 (a) Original two-level image

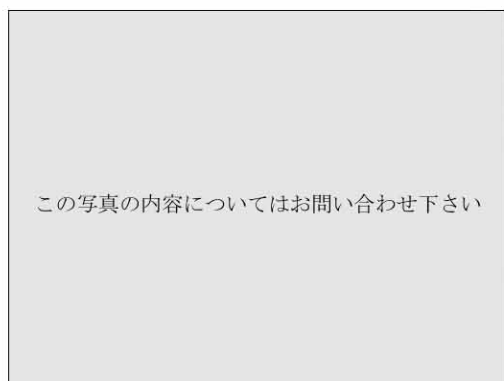


図1 (b) 縮小画
Fig.1 (b) Reduced image of Fig.1(a)

一方、近年記録装置の改良検討が行われ、2値記録の他に多値(3~4値)記録が可能な装置が実用化されている。従って2値画像データを用いて上記装置で記録する場合、画質向上は困難である。

本検討は以上の点に対する改良を試みたものであり、簡単な方法で2値画像から中間調画像を復元し、かつ画像処理の効果について計算機シミュレーションにより検討を行なった。

2 2値画像からの中間調画像復元

以下の検討は、入力機として阿部設計社製ドラムスキャナーを用い、サンプリングピッチ40dots/mm、量子化数8bits/pelで撮像し、出力機は同上社製ドラムフォトリンターを用いて記録した。

2.1 基本的考え方

我々が検討した2値画像の画像処理プロセスを図2に示す。従来方法では、2値画像そのものに対して画像処理を施すが、本方式では2値画像より復元された中間調画像に対して各種画像処理を施すものである。

従って画像処理後の画質を高品質に保つには、解像度と階調をいかに再現するかが重要な因子となる。今回我々は簡便な方式でこの課題を解決したので報告する。

(1) 2値画像

本検討では図3(a)(b)、図4のディザマトリクスを用いて画像を作成する。ディザマトリクスは網点型であり、8×8、16×16の2種を使用する。この時、解像度を向上するために8×8、16×16のディザマトリクスは4×4を基本マトリクスとし、各閾値の配列はBayerの配列にしたがって決定した(n=2, 4)。

$$D_{2n} = \begin{bmatrix} 4D_n & , & 4D_n + 2U_n \\ 4D_n + 3U_n & , & 4D_n + U_n \end{bmatrix}$$

$$D_2 = \begin{bmatrix} \phi, & 2 \\ 3, & 1 \end{bmatrix}$$

$$n = 2, 2^2, \dots$$

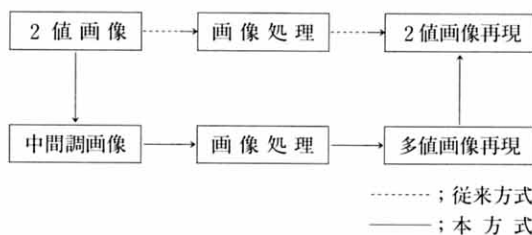


図2 2値画像の画像処理
Fig.2 Schematic diagram of processing two-level image

14	8	10	16
12	2	4	6
5	3	1	11
15	9	7	13

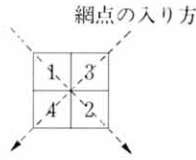
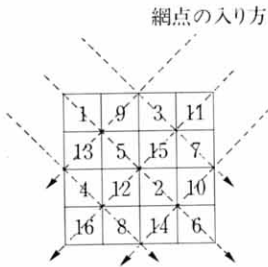


図3 (a) 4×4ディザマトリクス
Fig.3 (a)Arrangement of 4×4 dither threshold value

53	29	37	61	55	31	39	63
45	5	13	21	47	7	15	23
17	9	1	41	19	11	3	43
57	33	25	49	59	35	27	51
56	32	40	64	54	30	38	62
48	8	16	24	46	6	14	22
20	12	4	44	18	10	2	42
60	36	28	52	58	34	26	50

図3 (b) 8×8網点型ディザマトリクス
Fig.3 (b)Arrangement of 8×8 dither threshold values



177	65	97	145	185	73	105	153	179	68	99	147	187	75	107	155
193	1	33	225	201	9	41	233	195	3	35	227	203	11	43	235
113	129	161	81	121	137	169	89	115	131	163	83	123	139	171	91
49	241	209	17	57	249	217	25	51	243	211	19	59	251	219	27
189	77	109	157	181	69	101	149	191	79	111	159	183	71	103	151
205	13	45	237	197	5	37	229	207	15	47	239	199	7	39	231
125	141	173	93	117	133	165	85	127	143	175	95	119	135	167	87
61	253	221	29	53	245	213	21	63	255	223	31	55	247	215	23
180	68	100	148	188	76	108	156	178	66	98	146	186	74	106	154
196	4	36	228	204	12	44	236	194	2	34	226	202	10	42	234
116	132	164	84	124	140	172	92	114	130	162	82	122	138	170	90
52	244	212	20	60	252	220	28	50	242	210	18	58	250	218	26
192	80	112	160	184	72	104	152	190	78	110	158	182	70	102	150
208	16	48	240	200	8	40	232	206	14	46	238	198	6	38	230
128	144	176	96	120	136	168	88	126	142	174	94	118	134	166	86
64	256	224	32	56	248	216	24	62	254	222	30	54	246	214	22

図4 16×16網点型ディザマトリクス
Fig.4 Arrangement of 16×16 dither threshold values



図5 (a) 2値画像 (8×8ディザマトリクス)
Fig.5 (a)Two-level image binarized using 8×8 dither matrix

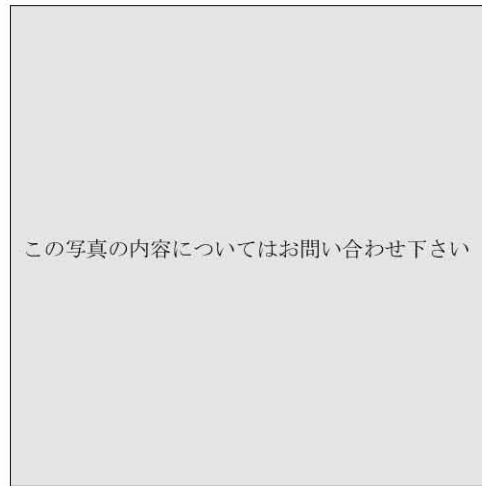


図5 (b) 2値画像 (16×16ディザマトリクス)
Fig.5 (b)Two-level image binarized using 16×16 dither matrix

ここでUは $n \times n$ の要素がすべて1のマトリクスである。

従って 8×8 のディザマトリクスからは65階調、 16×16 のディザマトリクスからは257階調の画像が得られるが、各々のディザマトリクスは 4×4 の基本マトリクスを単位としているために、解像力は 8×8 と 16×16 のディザマトリクスで差異が生じないようにしている。

図5に 8×8 、 16×16 のディザマトリクスより作成された2値画像を示す。当初の設定通り、解像力は、(a)(b)で差は認められない。又階調に関しても、(a)(b)で差異は認められない。この理由は、原画像の階調数が6 bitsで充分であるためと考えられる。一方(b)の方がより若干ノイズが目立つ傾向にあるが、これは 8×8 に比べ 16×16 の方がドットが離散的に入るからと考えられる。

(2) 中間調画像の復元 (I)

2値画像より中間調画像を復元するために $n \times n$ のブロックを基本に考える。2値画像を $n \times n$ のブロック群に分割し、各々のブロック毎に黒又は白画素数を求める。つぎに $n \times n$ のブロックを復元画像の1画素と考え、かつこの1画素の中間調レベルとしてブロック内の黒画素数を対応させる。図6に模式図を示す。

以上の処理により、画像データ量は

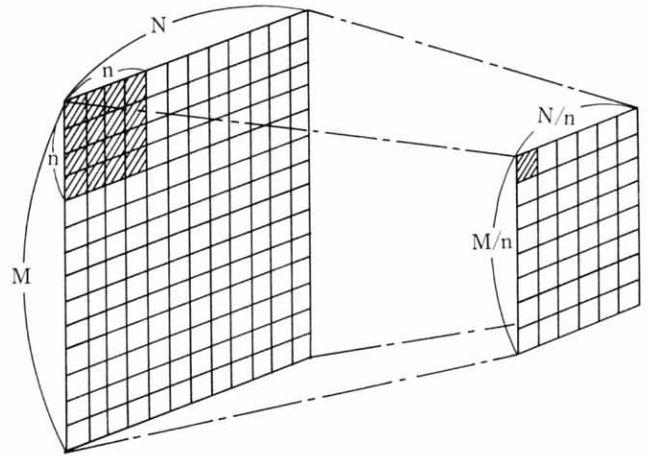
$$M \times N \times 1 \text{ bits}$$

から

$$(M/n) \times (N/n) \times \log_2(n^2+1) \text{ bits}$$

に変化する。またこの時の1画素の階調レベル数は1bitから

$$\log_2(n^2+1) \text{ bits}$$



2値画像

図6 復元中間調画像

Fig.6 Restoring continuous tone image from two-level image

に変化する。

したがって、ブロックサイズ n を大きくすると階調レベル数は増加するが、画像の解像力は $1/n$ に低下する。

このようにして得られた画像に対する画像処理の例として、拡大(1.25倍)と輪郭強調について報告する。

イ) 拡大

図7(a)は、 $n=4$ つまり図3の2値ディザ画像を復元し、補間法により1.25倍にした後2値化した画像である。図7(b)は $n=8$ つまり図3を原画像として復元し、同様に1.25倍に拡大後2値化したものである。この時最終の2値化はともに図3の 8×8 のディザマトリクスを用い

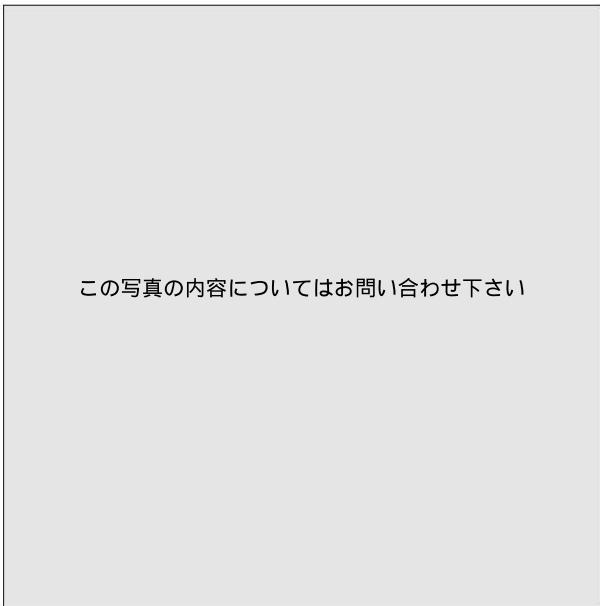


図7 (a) $n=4$ で復元し、25倍に拡大後 8×8 ディザマトリクスで2値化

Fig.7 (a) Two-level image binarized using 8×8 dither matrix after being restored from 4×4 unit blocks of a two-level image and enlarged

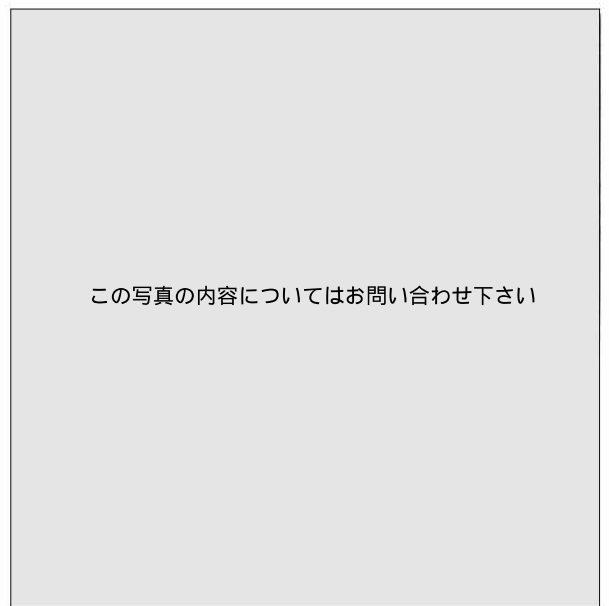


図7 (b) $n=8$ で復元し、25倍に拡大し 8×8 ディザマトリクスで2値化

Fig.7 (b) Two-level image binarized using 8×8 dither matrix after being restored from 8×8 unit blocks of a two-level image and enlarged

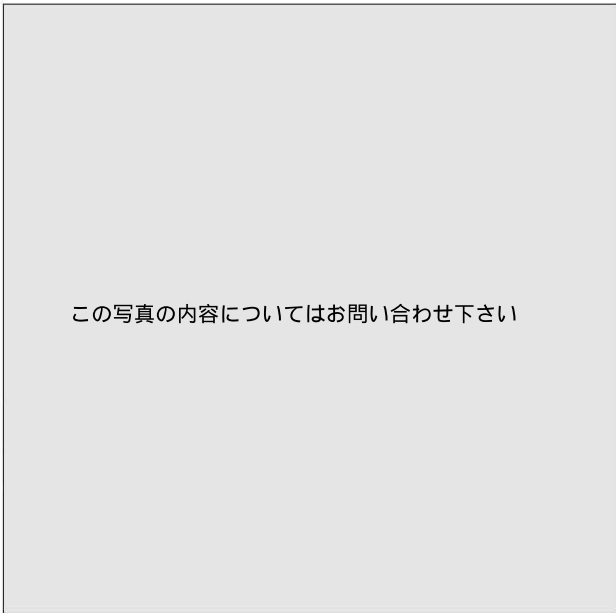


図8 (a) n=8で復元後1、25倍に拡大し16×16のディザマトリクスで2値化

Fig.8 (a)Two-level image binarized using 16×16 dither matrix after being restored from 8×8 unit blocks of a two-level image and enlarged

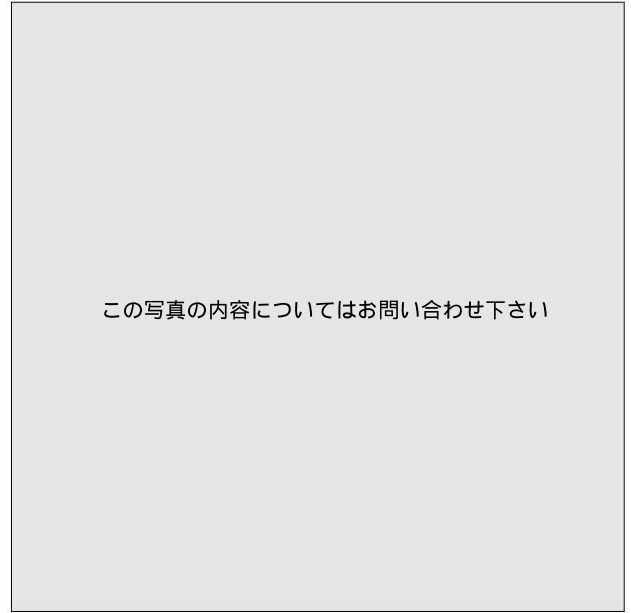


図8 (b) n=16で復元後1、25倍に拡大し、16×16ディザマトリクスで2値化

Fig.8 (a)Two-level image binarized using 16×16 dither matrix after being restored from 16×16 unit blocks of a two-level image and enlarged

ている。この例より

○ n = 4 で復元した画像は、解像力は充分であるが、階調数が不足している。

○ n = 8 で復元した画像は、階調数は充分である反面解像力が不足しておりブロック歪が出現している。

この結果は一長一短であるが、従来2値画像の拡大・縮小時に生じていたモアレ縞は本方式では防止できている。つぎにブロックサイズの効果を調べるためにn=8、16で中間調画像を復元し1.25倍に拡大後図4の16×16のディザマトリクスで2値化した例を図8に示す。

図8はn=8で復元したものであるが、図7に比べ量子化誤差が目立つ。これは、16×16のディザマトリクスの方が8×8に比べ閾値配列がより離散的になっているためと思われる。又図8はブロック歪が著しい。従って16×16より小さなブロックで復元を行う必要がある。以上より、

○ n = 8 で2値画像より中間調画像を復元し、かつブロック歪を防止する事

により高画質を実現可能である事が明らかとなった。

図9に輪郭強調の例として下記の3×3回転対象ラプシアンフィルターを用いて処理した例を示す。処理条件は図7(b)と同等である。

$$\begin{bmatrix} 1, & 2, & 1 \\ 2, & -2\phi, & 2 \\ 1, & 2, & 1 \end{bmatrix}$$

図7(b)と比較すると、輪郭が強調されると同時に、ブ

ロック歪と量子化誤差が目立つ傾向にある。

上記結果により、2値画像より中間調画像を復元し、復元中間調画像に対し画像処理を適用する事が可能である事、又復元時に発生するブロック歪を防止する事により、高画質化が期待できる事が明らかとなった。

次節でブロック歪を防止する方法について述べる。

(3) 中間調画像の復元 (II)



図9 輪郭強調後の画像

Fig.9 Two-level image after edge enhancement from a two-level original image

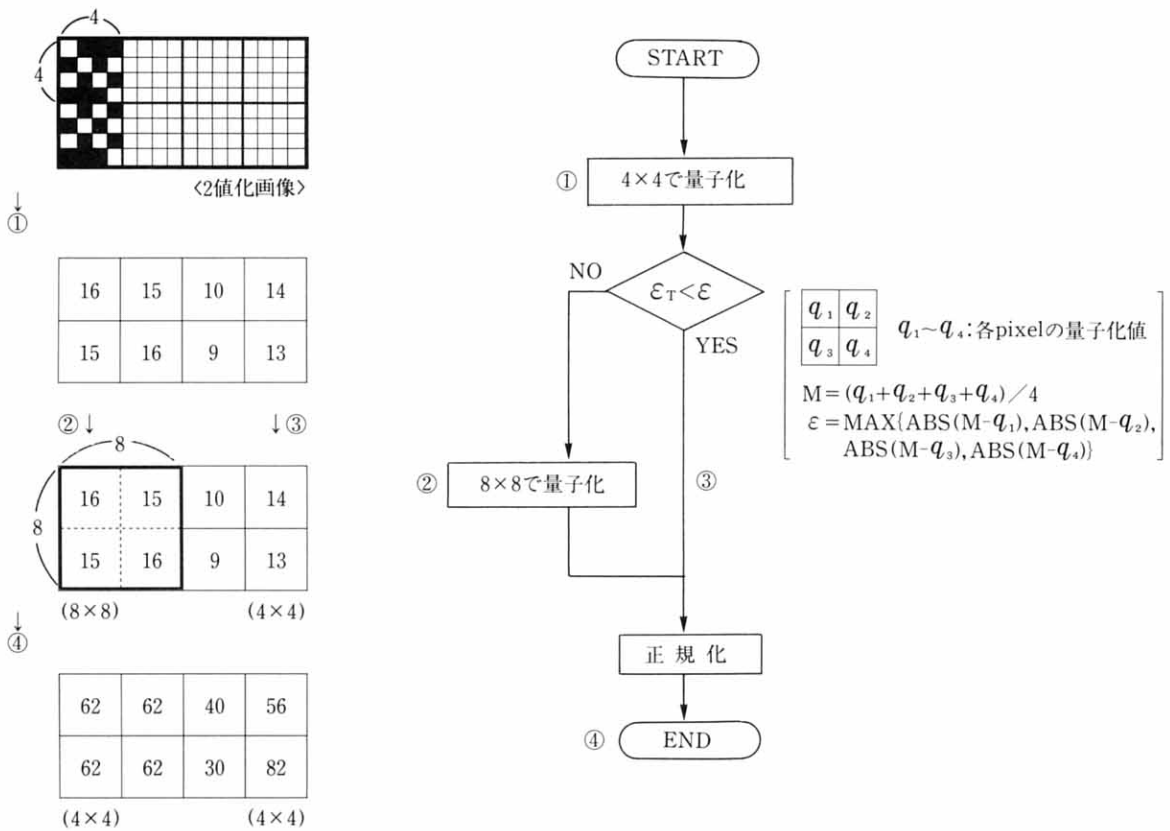


図10 アダプティブ化のフローチャート
Fig.10 Flow chart of restoring continuous tone image

nを大きくすると解像力が2値画像の1/nとなる事がブロック歪の原因である。以上より画像の低周波部ではn=8程度とし、高周波部ではn<8とアダプティブにブロックサイズを切り換える事によりブロック歪を防止する事を考えた。

本検討ではn=4、8について検討を行った。以下手順を述べる。

まずn=8とし、8×8のブロック内を4×4のサブブロック4つに分け、各サブブロック内の黒画素数を求める。この黒画素数の平均を求め平均値との差を調べる。4つの各サブブロックの差が一定値以上の時には高周波部とし4×4のブロックで復元する。

一方、平均値との差が一定値以下の場合、低周波部と考え8×8のブロックで復元する。図10に本処理の流れを示す。また、本方式を用いて中間調画像を復元し、1.25倍に拡大後図3のディザマトリクスで2値化した画像を図11に示す。図11で明らかなように、本処理によりブロック歪の防止が可能である。又図7に比べ全体にシャープな画像となっている。



図11 n=4,8で復元後の2値化画像
Fig.11 Two-level image binarized after restored adaptively

テレビ放送やFM放送のライブ番組
ミュージックビデオの放映など、音
楽ファンにとってうれしいソースが
どんどん増えています。いい音楽は
より高いクオリティで楽しみたい。
鮮やかな映像も加えて、さらに臨場
感を高めたい。そんな音楽ファンの

2値画像

テレビ放送やFM放送のライブ番組
ミュージックビデオの放映など、音
楽ファンにとってうれしいソースが
どんどん増えています。いい音楽は
より高いクオリティで楽しみたい。
鮮やかな映像も加えて、さらに臨場
感を高めたい。そんな音楽ファンの

n=4で復元し1.25倍
に拡大した画像

図12 2値画像と復元拡大画像

Fig.12 Original two-level image and its enlarged image

(4) 文字画像への応用

文字画像は中間調画像に比べ解像力を重点に処理する必要がある。図12に $n=4$ で復元し、1.25倍に拡大後、図4の 16×16 のディザマトリクスで2値化した画像を示す。従来の2値画像での拡大に比べ、斜線部での凹凸は目立たなくなっている。

リングした画像に対しては、本例で用いた網点型のディザマトリクスの代りにドット分散型の閾値配列をしたディザマトリクスにより2値化した画像を用い、かつよりアダプティブ化を企む必要がある。

謝辞

本検討を行うに際し御指導頂きました、千葉大学工学部、江森康文教授、安田嘉純助教授に感謝致します。

3

まとめ

本検討では、

- ブロック歪を防止して、2値画像より中間調画像を復元する事により、各種画像処理が可能である事が明かとなった。従って2値データとして画像を保持しておく事により広い分野で本方式を適用する事が可能と考える。また、具体的に適用可能な処理としては
 - 変倍（拡大・縮小）
 - 輪郭強調
 - 階調変換
 - 網かけ時（多値化時）のパターン変化、網角度変化が考えられる。
- 一方、本検討に於ては、40dots/mmという細かなサンプリングピッチを用いて撮像した画像に対してシミュレーションを行ったが、12~16dots/mm程度で粗くサンブ

参考文献

- 1) B.E.Bayer
"An optimum method for two level rendition of continuous tone pictures"
ICC'73, Conf.Rev., P.26(June 1973)
- 2) T.Kobayashi, Y.Yasuda and Y.Emori
"Subjective image qualities of digital images"
ICO-13, Conf.Digest., C3-1.1
- 3) 平塚、松繩 et al
"ベイヤー型ディザ画像からの中間調画像推定" 第16回画像工学
コンファレンス予稿集p.267
- 4) 平塚、松繩 et al
"組織的ディザ画像からの中間調画像復元"
第3回ノンインパクト技術シンポジウム論文集p.91