

組織的ディザ画像のテーブル参照型逆ハーフトーン方式における 平坦領域検知と座標情報利用効果

北村 誠 小野 文孝

東京工芸大学大学院工学研究科 〒243-0297 神奈川県厚木市飯山 1583

あらまし 2値画像の多値ディスプレイ表示、ハーフトーン画像やハーフトーン化手法の評価のために、逆ハーフトーン化 (IH) 処理が有効である。本報告では周辺画素パターンを利用したテーブル参照型 IH方式を組織的ディザ法に効率的に適用する手法を提案している。まず、組織的ディザ法で高い頻度で現れる平坦領域パターンに着目し、平坦領域を検出して独立に IH化することによるテーブルサイズの縮小効果を検討した。次に非平坦領域については周辺画像情報に加え、注目画素の座標情報をテーブル入力情報に加える効果を検討した。評価は復元画像の SNR で行なうこととし、ドット集中型とドット拡散型の2通りの閾値配置例について調査した結果、平坦領域検知による分離 IH化処理は復元画質と汎用性の向上に役立ち、条件によっては座標情報の利用がさらに性能の向上をもたらすことも確認できた。

キーワード 組織的ディザ・逆ハーフトーン・テーブル参照

The Effect of Flat Area Detection and Dither Matrix Address Utilization in Table Look-Up Method of Inverse Halftoning for Ordered Dither Images

Makoto KITAMURA and Fumitaka ONO

Graduate School of Engineering, Tokyo Polytechnic University 1583 Iiyama, Atsugi, Kanagawa 243-0297,
JAPAN

Abstract Efficient Inverse Halftoning (IH) methods of Ordered Dithering Images were studied for clustered dot type and dispersed dot types. They are based on the Table Look-Up method that utilizes every possible combination of the bi-level output of reference pixels, which has been considered to be most effective and quite practical. In this paper, we will optimize the reference pixel template with a new introduction of flat-area detection and dither matrix address information. The flat area detection mechanism will contribute to save the memory capacity by enabling to classify the reference pixel template according to flat area or non-flat area. The dither matrix address information is found to contribute to improve SNR in some memory size condition. With the proposed ideas, the memory size to provide the same SNR in the conventional method is reduced to between 1/8 and 1/128, and generality of designed function was also found to be improved.

Keyword Ordered dither, Inverse halftoning, Table Look-Up method

1. まえがき

2値画像を多値表示が可能なディスプレイに表示する場合や、ハーフトーン化された画像の評価 [1]、あるいはハーフトーン化手法の評価をおこなう上で、逆ハーフトーン化 (IH) 処理が有効である。しかし、これまでの検討は誤差拡散画像を対象としたものが殆どである。これは組織的ディザ法では注目画素の閾値が分かるため、IHがある程度容易と想定されているためと思われる。しかし、組織的ディザ法にお

いても、より高精度の IHを行なう上では周辺画素の参照が有効であり、メモリサイズ等をパラメータとした IH画像品質の最適化は価値があると考えられる。そこで本稿ではこれまであまり検討がなされていない組織的ディザ画像 [2] の逆ハーフトーン化方式についての検討を行う。誤差拡散法を対象とした逆ハーフトーン化方式としては、ガウシアンフィルタに代表されるフィルタリング方式と、テーブル参照型周辺画素パターン利用方式 [3][4] に大きく分かれる。後者は、注目画素を中心とする、決められた範囲内のハーフトーン化画素を参照し、そのパターンとオ

リジナルの画素レベルとの統計的対応を調べ、それをもとにして、逆にハーフトーン化画素パターンから最も誤差の小さいオリジナルの画素レベルをテーブル参照形式で導くものであり、IH 関数は単純な平均演算で求まる上、各種の既存方式の中でほぼ最高水準の復元画質が得られるとされている[3]。また、参照画素の数を装置パラメータとして、逆ハーフトーン化の精度が制御できるという利点も有している[4][5]。

組織的ディザ法に対する IH を検討する上でもフレキシビリティに優る後者が有望と考えられるが、組織的ディザ法におけるテーブル参照型周辺画素パターン方式の報告例としては、単純に有効画素の順位を求める段階で留まっている[3]。そこで筆者らは組織的ディザ法では判定が容易な平坦領域を検知することでメモリ容量の節約を図ると共に、テンプレートサイズと復元画像の SNR の関係を明らかにする。また、閾値マトリクスとしてはドット拡散型と、ドット分散型の両方を取りあげ、アドレス情報による閾値情報の利用の有効性について検討を行う。なお、本手法については、使用する閾値マトリクスが既知である事を前提としている。この前提の妥当性については、4 章の考察にて議論を行う。

2. テーブル参照型 IH 方式の最適化

2.1. テーブル参照型 IH 方式

テーブル参照型周辺画素パターン利用逆ハーフトーン方式について簡単に紹介する。

- 1) まずサンプル2値画像に対し、注目画素も含めた周囲画素のハーフトーン化データを参照し、参照画素テンプレートを定義する。
- 2) サンプル2値画像を教師データとし、設計した参照画素テンプレートにおけるすべての画素パターンに対しそれぞれに対応する多値レベルデータ分布から平均レベルを求め、これを復元値データとしてテーブル (ROM) に記憶する。表 1. はその例であり、図のように周辺 2 値画素パターンに対する注目画素の個数とレベル値の総計から平均値を求め、それを復元値とするテーブルを作成する。なお、最適な復元値は SNR を基準とする限り平均値でよい。
- 3) 次に復元対象ハーフトーン画像に対しては各画素における参照パターンに対応する、復元値データを読み出し、逆ハーフトーン化値を得る。したがって、1) における参照テンプレートの最適

化は、2) の過程で SNR を算出・比較することで解決できる。参照テンプレート設計に関しては、さらに教師データに含まれない画像における 3) での未出現パターン対策、あるいは教師データの汎用性評価も検討対象となる。

表 1. テーブル参照型周辺画素パターンの例

周辺 2 値画素パターン	出現個数	注目位置の出現画素レベル総計	注目位置の復元画素レベル
0,0,0,0	N1	D1	D1/N1
0,0,0,1	N2	D2	D2/N2
.	.	.	.
.	.	.	.
1,1,1,1	N16	D16	D16/N16

2.2. テンプレートの探索方針

まず、上記の 1) に関して参照画素数対復元画質を調べるために最適な参照画素テンプレートを求める必要がある。参照候補画素を注目画素の周囲に限定したとしても、テンプレートサイズに対して、ありうるすべての参照画素の組み合わせにおける SNR を調べることは計算量が莫大となる。もちろん参照画素範囲を限定した上で最適なものを探索するのは決して不可能ではないが、実システムを想定する上では、より実用的な決定方法が望ましい。

このような場合の実用的探索法として知られているのが N 画素参照の組み合わせと、(N+1) 画素参照の組み合わせにおいて、最適な (N+1) 画素参照テンプレートは必ず最適な N 画素参照テンプレートを含むという条件を導入して順に最適参照画素を求めていく方式であり、これを Greedy 法と呼ぶ[6]。この方式の中には最初に 0 画素から開始し、SNR を最も大きくする参照画素を優先して選択する逐次増加法 (Increasing Greedy) と、最初に参照画素範囲の中の全画素を参照し、その中から SNR の減少が最も少ない画素を優先して排除していく、逐次減少法 (Decreasing Greedy) とがある。一般には、逐次増加法は参照画素数が少ないときに精度が高く、逆に逐次減少法は参照画素数が多いときに精度が高いと言える。先行文献[3]ではこの Greedy 法と同様の手法で最適テンプレートの探索を行っていると思われるが、探索順序や優先順位の概念については言及されていない。本論文では探索順序に関し逐次増加法と逐次減少法の 2 種類を検討すると共に、優先順位の概念の重要性についても言及する。

2.3. 参照画素候補の設定

参照画素候補の設定であるが、閾値マトリクスとし

ては実用的には最小サイズであると思われる 4×4 を例として取り上げた。図1.で注目画素を中央の10の位置とした 5×5 のブロックを考えると、16から24までの画素については注目画素から等距離でかつ同じ閾値を持つ画素が0から15までの間に必ず含まれている。たとえば18は8と同じであり、23は1と同じである。そこで左上を優先して図1.の0から15までの16画素を参照画素候補に設定することにした。

この結果、図1.の16画素を最大参照範囲として従来の論理型参照方式で各種テンプレートサイズに応じて得られるSNRを測定する実験をおこなうこととした。

0	1	2	3	16
4	5	6	7	17
8	9	10	11	18
12	13	14	15	19
24	23	22	21	20

図 1. 16 画素参照テンプレート

2.4. 使用画像と閾値順序

標準的 IH 関数を得るためにはなるべく多くの画像を調査するのが良いと考えられるので、ISO/JIS-SCID(1920×1536)の N1A~N8A をモノクロ画像化し、8 枚を接続した N9A 画像、SHIPP(4096×3072)の P1~P4 をモノクロ画像化し、4 枚を接続した P5 画像を作成し、両者についてそれぞれをトレーニング画像として IH 関数を求めることにした。また、評価用の画像としては、N1A~N9A と P1~P5 を使用する。組織的ディザ法の閾値マトリクスとしては、ドット分散型の Bayer 型、ドット集中型の 1 次網点型 [7] について、マトリクスサイズを 4×4 に設定してハーフトーン画像を作成した。その閾値順序を図 2. に掲げる。

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

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

(a) Bayer type (b) 1st order screen type

図 2. Bayer 型と 1 次網点型の閾値順序

2.5. 非出現パターン対策

さて、教師データの中に復元対象画像が含まれていない場合は、教師データでは出現しないパターン(コンテキスト)が復元対象画像で出現することがあるので、テーブルに存在しない復元レベルをどのように設定するかという問題が生じる。これを非出現パターン対策とよぶ。従来の非出現パターン対策としてはフィルタ計算の利用など [3] が提案されているが、本論文ではテーブル参照の利点を維持することと、Greedy

法で得られた参照画素の優先順位を活用し、非出現パターンについては優先度の最も低い画素の情報を無視し、より小さいテンプレートにおける復元レベルデータをコピーして使用することとした。したがって、非出現パターンが生じれば、参照画素数の 1 つ少ないテンプレートでの復元データから常にコピーしてゆくこととした。この方式を逐次テーブル参照方式と呼ぶ。

2.6. シミュレーション結果

テンプレートの探索方式として、逐次増加法と逐次減少法の 2 種類、ディザマトリクスとして Bayer および 1 次網点の 2 種類をとりあげ、画像 N9A を対象としてテンプレートを拡大していく際の追加参照画素の優先順位 S とその位置 (図 1. での表記)、及び得られた SNR を求め、表 2. に示した。図 1. の 10 番が注目画素位置である。また、図 3. に参照画素の優先順位の画素位置が分かりやすいよう表記しておく。

表 2. Greedy 法による優先画素順位と SNR

S	Bayer				1st order Screen			
	increasing		decreasing		increasing		decreasing	
	Pel #	SNR [dB]	Pel #	SNR [dB]	Pel #	SNR [dB]	Pel #	SNR [dB]
1	10	12.26	10	12.26	10	12.26	14	11.89
2	6	15.11	6	15.11	0	14.67	7	13.81
3	11	17.03	11	17.03	8	15.76	5	15.39
4	13	18.65	13	18.65	2	17.35	12	17.01
5	14	19.50	14	19.50	14	17.86	10	17.74
6	9	20.28	9	20.28	6	18.50	0	18.47
7	5	21.07	5	21.07	12	19.21	2	18.98
8	2	21.55	2	21.55	4	19.74	11	19.52
9	7	21.85	7	21.85	11	20.00	9	20.10
10	15	22.07	15	22.07	9	20.38	6	20.35
11	8	22.26	8	22.26	3	20.60	15	20.60
12	3	22.42	3	22.42	1	20.83	13	20.87
13	12	22.59	12	22.59	7	21.03	4	21.12
14	4	22.75	4	22.75	13	21.24	3	21.31
15	1	22.89	1	22.89	15	21.46	8	21.49
16	0	23.00	0	23.00	5	21.64	1	21.64

探索順序による相違は、1 次網点型では比較的大きく、参照画素数が少ないときは逐次増加法の再現精度が良く、参照画素数が多くなると逐次減少法の再現精度が良い結果となった。一方 Bayer 型では逐次増加法と逐次減少法とが全く同じ結果となった。

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

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

(a) Bayer type (b) 1st order screen type

図 3. 参照画素の優先順位

次に、表 2.の参照画素数と画質との関係を見ると、参照画素数が 10 以下では参照画素数の増加と共に SNR は急速に向上するが、参照画素数が 10 程度からその向上が緩やかとなり、参照画素数が 15 程度では殆ど変化がない。この領域では近隣のすべての閾値での情報が得られており、それ以上の参照は効果が薄いと考えられる。

3. 平坦領域検知と閾値順序の利用

3.1. 座標情報の利用

組織的ディザ法では座標により閾値が変化する。したがって組織的ディザ画像の IH 化においては注目画素の 2 値結果だけからレベルを推定するのは困難であり、座標情報の参照効果が大きいと思われる。ただ参照画素数の増加につれ、出現する画素パターンに閾値情報が自動的に織り込まれてゆき、座標情報の参照効果が弱まると想定できる。そこで、座標情報を参照画素と同様の入力情報と考え、座標情報をまず優先して参照し、続いて参照画素の優先順位を Greedy 法で求めることを検討することにした。

3.2. 平坦領域の検知

組織的ディザ法では、ディザマトリクス内で原画信号が同一レベルをとる時は、マトリクス内の画素をディザマトリクスの閾値順序に並び替えると、ある閾値を境にして白画素と黒画素が完全に分離される [8]。この場合は高い精度で注目画素のレベルが予測できる。逆にディザマトリクスの中で閾値順序に画素を並び替えた時、ある閾値を境にして白画素と黒画素が完全に分離される(全白、全黒を含む)場合は、平坦領域であると判断する。平坦領域であると判定するためにはマトリクス内の全画素のハーフトーン結果が必要になるものの、平坦領域パターンの種類はマトリクスサイズ+1に過ぎず、そのいずれかであるという判定さえできればよい。平坦領域パターンでないと分かった場合は、エッジを含むので、離れた参照画素の参照効果は小さくなると予想される。つまり、離れた参照画素が意味を持つのは平坦領域パターンの場合だけである。平坦パターンと非平坦パターンの例を図 4.に示す。

さて、平坦領域の場合にはマトリクスサイズ+1のパターンがあるのでたとえばマトリクスサイズが 16 のときは 17 通りの平坦領域パターンが存在する。これは 4bit ではおさまらず 5bit が必要になる。そこで、各パターンと、注目画素が白画素か黒画素かを

組み合わせると、全白や全黒では注目画素の値は決まっているので、丁度 32 通りとなり、5bit におさまる。そこで平坦領域は 32 通りに分類することにした。次に、平坦領域パターンでは無い場合、図 1. の 16 画素を候補とし、注目画素位置の座標情報(4bit)を参照する場合は、それを優先して参照画素数対復元画像の SN 比が最大になるよう Greedy 法で参照画素数に応じた最適テンプレートを決定する。

a) 平坦領域パターン例

2 値画像	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	
閾値順序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

b) 非平坦領域パターン(エッジがある)例

2 値画像	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	
閾値順序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

図 4. 平坦領域パターンと非平坦領域パターンの例

以上の結果、周辺画素パターンが平坦領域パターンである場合は平坦領域パターンのいずれであるかという情報と注目画素の値とを組み合わせた 5bit 情報を参照し、平坦パターンでない場合は座標情報と参照画素テンプレートを組み合わせた N bit 情報を参照すると、両者を切り替える 1bit を加え、 $N \geq 5$ では $(N+1)$ bit のメモリをもつテーブルが設計できる。そこで、従来方式を方式(1)とし、本論文で提案する 3 方式を以下にまとめた。なお、ROM テーブルの必要入力を S bit とした。

- (1) S 画素参照 ($1 \leq S \leq 16$) (従来手法)
- (2) 座標情報(4bit)+(S-4)画素参照 ($5 \leq S \leq 20$)
- (3) 平坦領域パターン認識+(S-1)画素参照 ($6 \leq S \leq 17$)
- (4) 平坦領域パターン認識+座標情報(4bit)+(S-5)画素参照 ($6 \leq S \leq 21$)

なお、座標情報の利用については以下のように考えている。まず、ディザマトリクスサイズについては周期を検知することで判定することも不可能ではないので、既知であると考えた。また、マトリクスの形状は必ずしも矩形ではない場合もあるがここでは正方形を想定した。また、閾値順序は各アドレスでの平均黒画素数から統計的に無理なく判断できるものとも考え、既知とした。

3.3. 非出現パターン対策

2.5 で述べた教師データの中に復元対象画像が含まれていない場合の非出現パターン問題は、2.5 でも述べたように、参照画素の優先順位を活用し、非出現パターンについては優先度の低い画素の情報から

無視し、より小さいテンプレートにおける復元レベルデータをコピーして使用する逐次テーブル参照法を適用することとした。

3.4. シミュレーション結果

まず教師データ、及び対象画像については従来方式と同様の画像を使用して実験を行った。3.1で提案した(2)~(4)の3通りの提案方式(Method2~4)と(1)の従来方式(Method1)との比較結果を、まず教師データと復元対象データが同じ場合について表3.と表4.に示す。なお、以下の表でSはメモリの入力ビット数である。また、提案手法による逆ハーフトーン結果を図5.に示す。

まず、1次網点型の場合、2.6で述べたとおり、従来手法でGreedy探索をおこなうと、増加型と減少型で選択される優先順序が大きく異なったが、提案手法(2),(4)では座標情報を参照することにより、増加型と減少型の差異が全く無くなった。このことから、座標情報を取り入れた場合はGreedy法における参照画素の優先順序の精度が高いといえる。次に、逆ハーフトーンの復元精度であるが、Method3,4では従来手法に比べ、同じメモリサイズでは大きく向上している事が表3.と表4.から分かる。Method2についてはBayer型では、座標情報利用の効果は低いものの、1次網点型では、 $S \geq 12$ くらいから座標情報の参照効果が現れている。

Bayer型で座標情報の利用がそれほど有効でない理由としては、閾値の中央値以下と以上とが千鳥状に分かれており、 2×2 のマトリクスを基本としているため、注目画素がディザマトリクスのどの位置であっても、閾値の差がある程度共通であることがあげられる。したがってBayer型では座標情報としてより少ないビット数であってもx,y各2bit参照に近い効果を持つと予想される。それに対し、1次網点型では、隣接する画素の閾値が注目画素の位置に大きく依存しているため座標情報は不可欠であるといえる。

表3. Bayer型における提案方式と従来方式のSNR比較：対象画像N9(教師データは対象画像)

S	Method1	Method2	Method3	Method4
	SNR[dB]	SNR[dB]	SNR[dB]	SNR[dB]
6	20.28	16.99	21.98	19.78
7	21.07	18.47	22.28	21.01
8	21.55	19.41	22.49	21.82
9	21.85	20.26	22.59	22.17
10	22.07	21.06	22.68	22.48
11	22.26	21.66	22.74	22.65
12	22.42	22.16	22.79	22.82
13	22.59	22.42	22.84	22.90
14	22.75	22.61	22.89	22.99
15	22.89	22.80	22.94	23.05
16	23.00	22.93	22.99	23.10

表4. 1次網点型における提案方式と従来方式のSNR比較：対象画像N9(教師データは対象画像)

S	Method1	Method2	Method3	Method4
	SNR[dB]	SNR[dB]	SNR[dB]	SNR[dB]
6	18.50	16.03	20.28	19.90
7	19.21	17.52	20.48	20.52
8	19.74	18.57	20.68	21.08
9	20.00	19.33	20.86	21.47
10	20.38	20.00	20.97	21.87
11	20.60	20.54	21.10	21.98
12	20.83	20.97	21.20	22.08
13	21.03	21.37	21.30	22.16
14	21.24	21.66	21.41	22.25
15	21.46	21.89	21.51	22.35
16	21.64	22.12	21.61	22.44

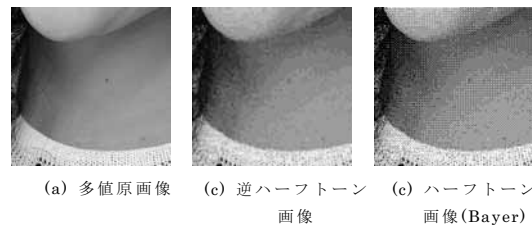


図5. 提案方式による出力結果画像

また、Method3,4では参照画素数が少ない場合ほど、従来手法からの向上の程度が大きく、参照画素数が多くなると、差異が小さくなっていく。これは、参照画素数が多くなると、座標情報やエッジパターンが自動的に織り込まれ、その参照効果を吸収するためと考えられる。

次に、画像P5を評価画像とし、教師データと復元対象画像が異なる場合の提案手法の性能と汎用性を調べることにした。画像N9Aを教師データとしてP5を復元対象とした場合の復元画像のSNRを表5.と表6.に示す。この結果、教師データが異なる場合についても提案方式の性能向上効果が確認できた。

表5. Bayer型における提案方式と従来方式のSNR比較対象画像P5(教師データを含まない画像)

S	Method1	Method2	Method3	Method4
	SNR[dB]	SNR[dB]	SNR[dB]	SNR[dB]
6	22.14	17.34	28.72	26.51
7	23.96	18.77	29.22	27.90
8	25.35	20.50	29.57	28.54
9	25.90	21.84	29.68	28.91
10	26.43	23.70	29.82	29.10
11	27.06	24.73	29.87	29.37
12	27.59	26.25	29.94	29.68
13	28.22	26.75	29.97	29.79
14	28.83	27.29	30.01	29.92
15	29.43	28.00	30.05	29.97
16	29.92	28.39	30.06	30.01

表 6. 1 次網点型における提案方式と従来方式の SNR

比較対象画像 P5 (教師データを含まない画像)

S	Method1	Method2	Method3	Method4
	SNR[dB]	SNR[dB]	SNR[dB]	SNR[dB]
6	20.97	16.76	27.60	26.80
7	22.74	18.33	27.68	27.45
8	24.53	19.91	28.00	27.94
9	24.84	21.70	28.22	28.22
10	25.64	22.68	28.39	28.55
11	26.05	23.29	28.61	28.71
12	26.69	24.33	28.75	28.81
13	27.20	25.07	28.92	28.99
14	27.75	25.85	29.03	29.14
15	28.58	26.63	29.10	29.22
16	29.19	27.33	29.20	29.30

4. 考察

画像 P5 で、例えば従来手法のテーブル入力を 13bit とすると同程度の復元精度を実現するのに、教師データと復元対象の画像が同一か否かによらず、Method3 の採用により、Bayer 型でも、1 次網点型でも ROM サイズを 1/128 程度に削減することが可能である。また、画像 N9 では、Method3 の採用で最悪でも 1/8 程度に ROM サイズを削減することが可能である。提案手法の従来手法に対する復元精度の向上効果は特に参照テーブルサイズが小さい場合に大きい。参照画素数、つまりテーブルサイズが大きくなれば、平坦領域パターンの分離効果や座標情報利用の効果も吸収され、方式間の逆ハーフトーン復元精度の差が小さくなってゆく。しかし、仮にテーブルサイズを大きくしても SNR の改善の絶対量はそれほど大きくはできないので、参照画素数が少ない場合の改善性能のもつ意味は重要であるといえる。

また、提案方式はマトリクスサイズが既知でなければならないが、従来手法においても教師データのハーフトーン化に使用されるディザマトリクスと復元対象画像に使用されているディザマトリクスとが同一でなければ高精度での復元は不可能であり、ディザマトリクスサイズは、既知であることを前提としている。現実には、閾値マトリクスが既知でない場合もあるが、その時にはマトリクスサイズは周期を計算することで推定でき、閾値順序は出現頻度の高いパターンが平坦領域パターンであると推定することで求められる。従って閾値マトリクスが既知という前提は簡単な処理を経ることで実現可能であり、十分現実的と考えている。

5. むすび

組織的ディザの IH 処理としてテーブル参照型周辺画素パターン利用方式を取り上げ、その最適な参照画素テンプレートを Bayer 型と 1 次網点型の組織的ディザマトリクスを対象として求めた。まず、参照画素の領域を限定した上で、逐次増加法により得られた優先順位を活用し、非出現パターンにおける極めて簡単に有効なデータ置き換え手法を提案した。

次にディザマトリクスの座標情報（閾値情報）の利用と平坦領域検知による、メモリ容量節約の可能性を検討した。組織的ディザ法では、平坦領域での画素パターンが限定されるので、ディザマトリクス内の画素パターンが平坦領域パターンであれば、マトリクス内の黒画素数と注目画素の画素値(白か黒)の情報にもとづき IH 関数を作成し、非平坦領域パターンのみについて、注目画素のディザマトリクス内座標情報も入力に含めたテンプレートの最適化を探索した。この提案方式と従来手法の性能比較を行った結果、従来手法に比べてメモリサイズを 1/8 ～ 1/128 程度に縮小可能なことがわかり、教師データで復元画像が含まれていない場合の評価の結果、汎用性においても従来手法より優れた方式であることが確認できた。

参考文献

- [1] 有嶋公義, 北村 誠, 小野文孝:“ 逆ハーフトーン化を用いた誤差拡散画像の評価”, 画像電子学会第 33 回年次大会 74(2005 年 6 月)
- [2] 小野文孝:“ ディザ法”, 画像電子学会誌 vol.10, no.5, pp.388-397 (1981)
- [3] Murat Mese and P. P. Vaidyanathan, “Look-Up Table (LUT) Method for Inverse Halftoning”, IEEE Trans. On Image Processing, Vol.10, No.10 (Oct., 2001)
- [4] 有嶋公義, 北村 誠, 小野文孝:“ 周辺画素パターンに基づく誤差拡散画像の逆ハーフトーン方式の検討”, 画像電子学会研究会 04-06-09 (2004 年 11 月)
- [5] 有嶋公義, 北村 誠, 小野文孝:“ 逆ハーフトーン方式における参照画素数と推定精度”, 日本印刷学会 第 114 回春期研究発表会 予稿集 P-03 (2005 年 6 月)
- [6] 北村 誠, 小野文孝:“ 誤差拡散画像における参照画素と情報量”, 画像電子学会第 219 回研究会 予稿集 05-02-04 (2005 年 10 月)
- [7] 小野文孝「中心周波数設定法による中間調画像の 2 値表示方式」電子通信学会論文誌, Vol. 68-D, No. 4, pp. 686-693 (1985 年 4 月)
- [8] 北村 誠, 小野文孝:“ 組織的ディザ画像への透かし埋め込み手法の検討”, 日本印刷学会春期研究発表会 予稿集 A-08 (2002 年 6 月)