

琉球大学学術リポジトリ

照明条件に影響されない簡易高速2値化法

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学工学部 公開日: 2007-08-23 キーワード (Ja): キーワード (En): binarization, threshold, shading 作成者: 山川, 毅, 山城, 毅, 渡久地, 實, Yamakawa, Tsuyoshi, Yamashiro, Tsuyoshi, Toguchi, Minoru メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/1479

照明条件に影響されない簡易高速2値化法

山川 毅* 山城 毅** 渡久地 實**

Simple and Fast Binarization Technique which is not Influenced by Lighting Conditions

Tsuyoshi YAMAKAWA* Tsuyoshi YAMASHIRO** and Minoru TOGUCHI**

Abstract

There are various techniques to decide the threshold for binarization of the image. But, in the image which was taken under the bad lighting condition, selection of threshold is very difficult because of the shading. So we proposed the threshold equation to decide the threshold. In this study, threshold equation was derived by the correlation of the optimum threshold values and the average density of the background part. We get these data from the uniformly illuminated images taken under various lighting conditions. To get the satisfactory result, we divided the image and threshold was set to each territory where it divided. As a result, we could obtain well binarized images. Moreover, we compare the processing time with other techniques, and make sure that our technique is more good result than others.

Key Words: binarization, threshold, shading

1. まえがき

文字記号のパターン認識や類似画像の特徴点検出などを行う際、あらかじめ処理対象物を抽出しておく必要があり、その最も基本的な手法として2値化がある。抽出した対象物および背景部分がそれぞれ一様な濃度値をもつ濃淡画像では、濃度ヒストグラムを利用して対象物と背景部分の間にしきい値を設定することが望ましい。濃度ヒストグラムを利用した代表的な手法として、濃度値の確率分布 $P\%$ の点をしきい値とする P-タイル法 [1]、クラスの分離度を最大とする判別基準を用いた判別分析法 [2]、各クラスの分布の誤分類率を最小とする Minimum Error 法 [3] などがある。しかし、これらの手法には、対象物と背景部分の面積比が大きく異なる場合や、濃淡の変化が小さい場合に忠実に2値化できない様々な欠点が挙げられる。そこでエッジの濃淡変化に着目することでその欠点を改善することを目的とした微分ヒストグラム法およびラブラシアンヒストグラム法 [4] などがある。また、別の観点からは、2値化したときの連結成分のまとまりの良さを表す尺度とした平均隣接によるしきい値決定法 [5]、更に得られた2値画像についての複雑さを尺度とした最小複雑2値化法 [6] などといった多くのしきい値選定法 [7]~[16] が提案されている。

デジタルカメラやビデオカメラで撮影された文字画像は、照明条件が非常に不安定なことから、これまでに提案された手法では満足いく2値画像は得られにくい。提案手法は、濃度ヒストグラムにおいて文字画像の大部分を占める背景部分の平均濃度値を基準とし、背景部分の平均濃度値と最適なしきい値の相関関係から一次関数のしきい値式を算出した。また、照明条件が不安定な文字画像においては、単一しきい値では良好な結果が得られず、動的しきい値選定法 [13],[14] が有効とされている。そこで動的にしきい値の選定を行うために、画像の外枠の濃度差に着目した方法で、画像を自動的に分割した。また、本研究で定義するしきい値面を共一次内挿法で平滑化することで、より画像の照明条件に応じたしきい値面が形成され、2値化結果を改善することもできた。

更に、先に述べた P-タイル法 [1]、判別分析法 [2]、Minimum Error 法 [3]、微分ヒストグラム法 [4]、ラブラシアンヒストグラム法 [4] との比較評価を行うことで、提案手法は、視覚的な面や処理時間の面からも優れていることを示した。

2. しきい値の選定方法

画像処理を行う上で、2値化は前処理として利用されることが多く、2値化を行うためのしきい値の選定が、最も重要な要素となる。そのためしきい値の選定は、扱いが簡単で、処理に時間が短いことが望ましい。

本研究で提案するしきい値選定方法は、これらの課題を克服するために、文字画像などの濃度ヒストグラムにおいて大部分を占める背景の濃淡分布に着目した。つまり背景の濃淡分布における基準値を求め、その基準値に適した

受理: 2002年12月9日

電子情報通信学会 2002年情報科学技術フォーラムにて発表。

* 大学院理工学研究科 電気電子工学専攻

(Graduate Student, Electrical and Electronic Eng.)

** 電気電子工学科

(Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Fac. of Eng.)

最適なしきい値との相関を線型関数で近似して定式化し、その関数からしきい値を算出する手法である。

2.1 しきい値の決定

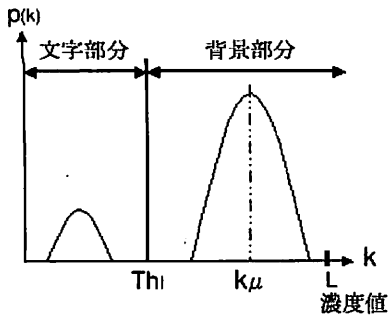


Fig. 1. 理想的な文字画像の濃度ヒストグラム

L レベルの濃淡スケールをもった画像において、濃度値 k をもつ画素の和を $n(k)$ とする。このとき全画素数 N は、 $N = \sum_{k=0}^L n(k)$ であり、正規化ヒストグラム $p(k)$ は式 (1) で表せる。

$$p(k) = \frac{n(k)}{N} \tag{1}$$

$$(1 \leq k \leq L, p(k) \geq 0, \sum_{k=0}^L p(k) = 1)$$

ここでしきい値処理に適した理想的な文字画像 I の濃淡分布は、Fig.1 に示すような文字部分と背景部分の2クラスに分離された双峰性のある統計分布をもつ。このような統計分布に対し、統計分布を2つに分離するための最適なしきい値 Th_I は、文字部分と背景部分の濃淡分布の間に設定することが望ましい。このとき最適なしきい値 Th_I と基準となる適切な濃度値 k_μ の間に簡単な関数 F_I を仮定する。

$$Th_I = F_I(k_\mu) \tag{2}$$

仮に Fig.1 に示すような理想的な文字画像 I の統計分布 $p_I(k)$ と処理対象となる文字画像 R の統計分布 $p_R(k)$ がほぼ同様 ($p_R(k) \simeq p_I(k)$) であるならば、実画像 R における適切なしきい値 Th_R も、式 (2) における F_I と p_R から算出した基準値 k_R により決定することができる。すなわち基準となる濃度値 k_μ と Fig.1 のような理想的な文字画像 I における最適なしきい値 Th_I との相関関係を求めることにより、処理対象となる実画像 R を2値化するための最適なしきい値 Th_R を簡単に求めることができる。

そこで本研究では、文字部分と背景部分を2クラスに分離するための最適なしきい値 Th_I と、基準となる濃度値 k_μ との相関関係を実験的な観点から測定した。

2.2 実験から得られたしきい値式

先にも述べたが、しきい値処理に適した理想的な濃度ヒストグラムは、Fig.1 に示すような双峰性のある統計分布をもつ。背景部分の濃淡分布の幅が広ければ、その画像の

照明具合はまばらであることを意味し、背景部分の幅が狭いということは、照明具合が均一でもあり、理想的な画像 I であるといえる。これらの条件を満たす理想的な画像 I においては、単一しきい値の設定により2値化が行える。そこで本研究では、最適なしきい値 Th_I を得るための基準となる濃度値 k_μ を、照明が均一であるときの背景部分の濃淡分布の平均濃度値 μ_n として予備実験を行った。ここで、予備実験に用いた画像の一例を Fig.2(a) に示す。その濃度ヒストグラムを見ても Fig.2(a) は、上に述べた条件を満たす画像であり、2値化に適した理想的な画像 I であるといえる。

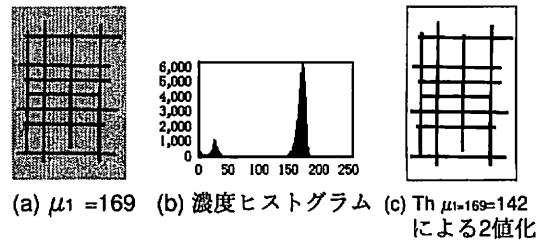


Fig. 2. 背景の平均濃度値 μ_1 における最適なしきい値

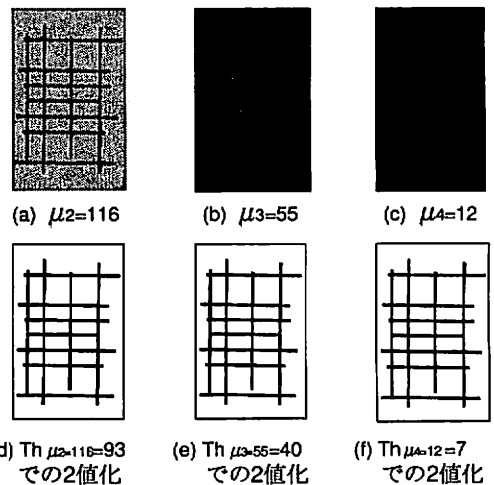


Fig. 3. 各背景の平均濃度値における最適なしきい値

予備実験における最適なしきい値の測定方法には、まず、視覚的な判断から、Fig.2(a) に示す背景部分の平均濃度 $\mu_1 = 169$ である画像を、任意の単一しきい値で2値化し、最適とされるしきい値 $Th_{\mu_1=169}$ を目測により求めた。目測する上で仮にしきい値 $Th_{\mu_1=169}$ が適切でなければ、擦れや潰れが生じ、視覚的な判断から容易に最適とされるしきい値 $Th_{\mu_1=169}$ を選定できる。しかし、視覚的な判断からだけでは正確な最適のしきい値であることの判断は難しく、黒画素の比率による判断も加えた。これはあらかじめ求めていた原画像 Fig.2(a) における黒画素の比率と、最適とされるしきい値 $Th_{\mu_1=169}$ で2値化された黒画素との比較を行うことで、背景部分の平均濃度値 $\mu_1 = 169$ における最適なしきい値 $Th_{\mu_1=169}$ をより正確に決定することができる。しきい値 $Th_{\mu_1=169} = 142$ で2値化された結果が Fig. 2(c) である。同様にして、照明が均一でありか

つ背景部分の平均濃度値 μ_n が異なった様々な濃度パターンについて実験を行った例が Fig.3 であり, すべての実験から Fig.4 に示すデータを得た.

理想的な文字画像 I における最適なしきい値 Th_I と, 背景部分の平均濃度値 μ_n との相関関係より, しきい値式 (3) が導出された.

$$Th_I = \alpha \times \mu_n + \beta \quad (3)$$

なお, 濃度階調 256 では $\alpha = 0.87$, $\beta = -6.42$ となる. この式 (3) から, 本研究では実画像 R における最適なしきい値 Th_R を選定するための式として, 式 (4) とした.

$$Th_R = 0.87 \times k_d - 6.42 \quad (4)$$

ここで式 (4) における k_d は, 実際に処理対象となる文字画像 R の背景部分の平均濃度値として導出する. 通常, 実画像 R における文字比率は未知であるが, 新聞紙や論文などにおける文字比率は 30 % 以上になることはほとんどなく, 本研究では, 背景部分の濃淡分布 p_R の明るい側から 55 % にあたる濃度値の平均値を k_d とした.

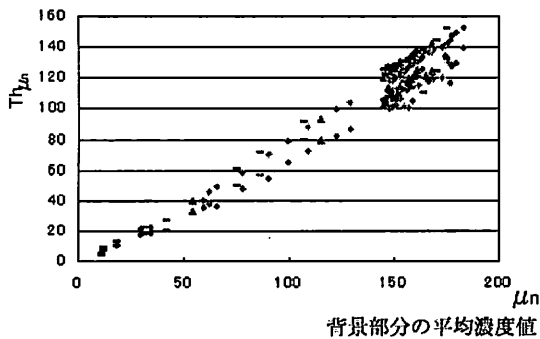


Fig. 4. 背景の平均濃度値としきい値の関係

%vspace-5mm

3. しきい値式を用いた動的しきい値選定法による2値化

通常 CCD カメラやデジタルカメラで撮影された画像は, 照明条件が不均一であり, シェーディングが生じる. このため濃度ヒストグラムにおいて双峰性が見られないことや, 背景部分の濃淡分布の幅に広がりがあることなどといった問題が生じ, 単一しきい値による2値化では満足する結果は得られにくい. つまりシェーディングのかかった文字画像は, 画像を分割し, 分割した各領域に応じて動的にしきい値を選定することが望ましい.

3.1 画像の自動分割

照明条件は, 時と場所に応じてその条件は多様に変化し, 場合によっては明るい箇所と暗い箇所が混在することもある. このような画像を効率良く分割するには, 処理対象となる画像のシェーディングに応じて自動的に分割を行うことが望ましい. このとき, シェーディングのかかった文字画像においては, 画像上の至るところ濃度差は生じて

いるが, その濃度差はより顕著に画像上の外枠に存在している. そこで本研究では, 画像の外枠の濃度差に着目して画像の分割を行った.

まず, $y = 0$ における x 座標上の一定間隔 m ごとに濃度差 M_n を式 (5) を用いて求めていく.

$$|f(x_{n+km}, 0) - f(x_n, 0)| = M_n \quad (5)$$

$(n = 0, 1, 2, \dots, n)$

$$M_n \geq M_{th} \quad (6)$$

各間隔 $km (k = 1, 2, \dots, k)$ における濃度差 M_n を求めていく過程で, 求めた濃度差 M_n が式 (6) を満たす x 座標の点 $(x_{n_n}, 0)$ を検出する. 検出された点 $(x_{n_n}, 0)$ は, 任意に決定した濃度差のしきい値 M_{th} より大きいので, 分割すべき点と考え, x 座標上における分割点とする. 同様にして $x = 0$ における y 座標上の分割点 $(0, y_{n_n})$ を求め, 求めた分割点を起点として画像を小領域に分割する. この分割方法では, 照明条件として厳しいとされる明暗の差の大きい画像に対しては細かく分割し, 照明条件が均一である明暗の差のない画像に対しては分割を行わない

実際に画像を分割する際には, 間隔 $m = 4[\text{pixel}]$, 濃度差のしきい値 $M_{th} = 10$ に設定している. このとき m の値は経験的に求めたが, 濃度差のしきい値 M_{th} は, Fig.2(b) に示す濃度ヒストグラムの背景部分の濃淡分布の幅の大きさを参考にした. 背景部分の濃淡分布の幅が狭いということは, 照明が均一の画像であることを意味する. 均一である画像は分割を行う必要性がないことから, 濃度差のしきい値 $M_{th} = 10$ というのは妥当な値であるといえる.

3.2 2値化の方法

本研究で提案する2値化法は, 先に述べた分割方法により分割された各領域にしきい値式により動的にしきい値を選定される. このとき各領域に選定されたしきい値は, しきい値濃度として表すことができ, 本研究ではこれをしきい値面と定義する. このしきい値面と原画像との濃度差を比較し, 濃度差が正ならば白, 負ならば黒にすることで2値化を行う

4. 本手法による処理結果

本手法を用い, 照明条件の厳しい文字画像に対して2値化を行った結果を Fig.5 に示す. シェーディングのかかった原画像 (a) は, その濃度ヒストグラムを見てもわかるように, 背景部分の濃淡分布の幅が広く, また各濃度値の画素数にばらつきが見られるために, 照明条件として厳しい画像であるといえる. 次に (e) の画像は, 背景部分の濃淡分布の幅は狭いが, 極端に左側に偏っており, 照明条件として非常に暗いということが濃度ヒストグラムからもわかる. 特に暗い画像は, 文字と背景との濃度差が少なく, 2値化するための最適なしきい値の決定が, 明るい画像よりも困難とされている. しかし, これら (a) 及び (e) の原画像に対し, 本手法によって形成されたしきい値面が (c), (g) となり, 原画像としきい値面の濃度差によって2値化された結果が (d), (h) である. 各々の2値化された結果を見て

も本手法は画像のシェーディングに応じて分割し、独自に求めたしきい値式により適切なしきい値面が設定され、良好な処理結果が得られることが確認された。

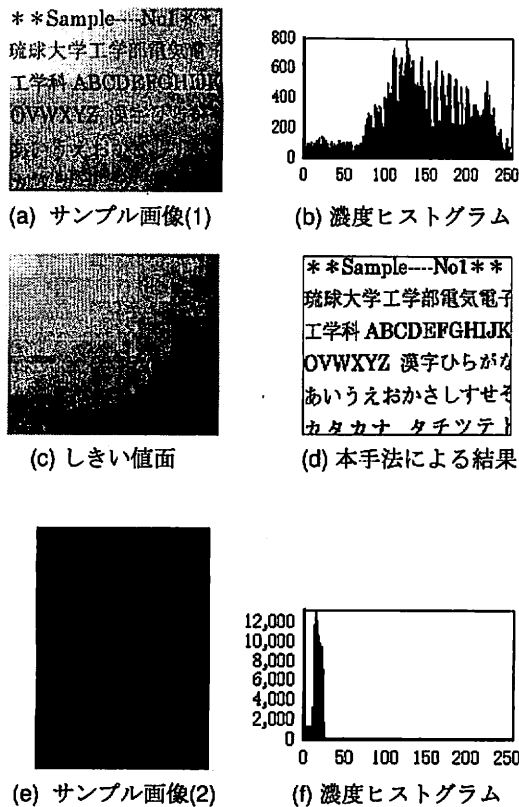


Fig. 5. 提案手法による2値画像

5. しきい値面の平滑化(内挿法)

本研究では、画像の外枠に着目した分割法で画像を分割し、分割した各領域にしきい値を設定したしきい値面を利用して2値化を行っている。しかし、シェーディングのかかった文字画像の背景は、なだらかに変化しており、しきい値面における各分割領域間の濃度差が大きい場合、2値化を行うと、各分割領域間に細かい雑音が出力されてしまうことがあった。そこで本研究では、各分割領域間の濃度差を減少させることを目的として、しきい値面を平滑化した。平滑化を行う上でさまざまな手法があるが、十分な成果を得られることが予想できる内挿法 [4] を用いた。

内挿法とは、濃度補間とも呼ばれ、出力画像のデータの配列に変換する手法である。しかし、この出力画像座標系上の格子点に対応する入力画像の座標は、整数値とはならないため、求めたい点の入力画像上での周辺の格子点の

濃度値により内挿によって求めなくてはならない。ここでは、線形的に内挿を行うことのできる、共一次内挿法を用いた。

この共一次内挿法は、Fig.6 に示す内挿したい点 $Q(x, y)$ における周囲4格子点 $f_1(x_1, y_1)$, $f_2(x_2, y_2)$, $f_3(x_3, y_3)$, $f_4(x_4, y_4)$ の濃度値を用いて、式(6)により線型補間する。また、共一次内挿法を用いる場合、観測点の格子点4点をいかに設定するかが重要な問題であるが、本研究では各分割領域における中心点を各格子点とした。

$$Q(x, y) = \frac{S_1 \cdot f_1 + S_2 \cdot f_2 + S_3 \cdot f_3 + S_4 \cdot f_4}{S_1 + S_2 + S_3 + S_4} \quad (7)$$

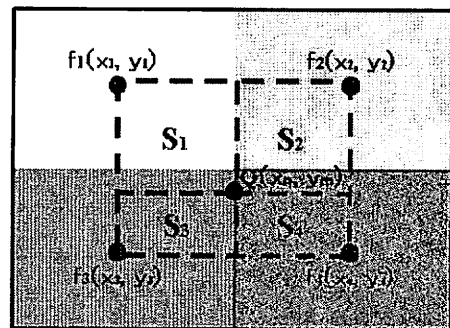


Fig. 6. 共一次内挿法

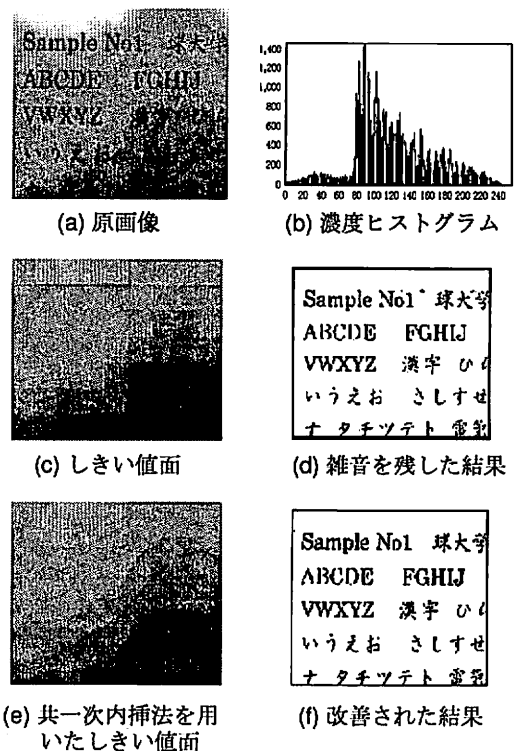


Fig. 7. 共一次内挿法を用いた結果

実際に共一次内挿法を用いて処理した結果を Fig.7 に示す。(d) は、しきい値面 (c) における各分割領域間の濃度差が生じている箇所において、細かい雑音が生じているこ

とが見られる。(f)は、共一次内挿法を用いて平滑化したしきい値面(e)と原画像(a)の比較によって2値化された結果である。通常共一次内挿法では、原画像の画像データを壊すという欠点があるが、画素間の色をなだらかに変化させることで自然な結果を作りだすことができ、しきい値面を内挿するのに適した手法であることが Fig.7の結果からも見てわかる。

6. 他手法との比較

6.1 処理画像について

これまでに数多くのしきい値選定法による2値化が論じられており、その代表的なものとして濃度ヒストグラムを用いる手法にはP-タイル法、判別分析法、Minimum Error法など、またエッジ情報を利用した手法としては微分ヒストグラム法、ラプラシアンヒストグラム法などがある。本研究ではこれらの手法との比較評価を行ったので、まず各手法について簡単に説明する。

P-タイル法：画像内の面積比率 P %を、2値画像中における黒画素の割合 P %となるようにしきい値を決定する手法であり、扱いが非常に簡単である。

判別分析法：濃度ヒストグラムを任意のしきい値により2クラスに分離したとき、クラス間分散が最大となるようにしきい値を決定する手法である。

Minimum Error法：濃度ヒストグラムを正規分布の合成であると仮定し、誤分類率を近似したときに最小誤差となるようにしきい値を選定する手法である。

微分ヒストグラム法：Roberts フィルタや Sobel フィルタを適用して微分値に対するヒストグラムからしきい値を選定する方法である。手順としては、ある濃度値 k である画素 $f(x, y)$ について0より大きい微分値の和 $S(k)$ を求める(微分ヒストグラム)。次に $S(k)$ が最大となるレベルをしきい値として選定する手法である。本研究では Sobel フィルタを用いた。

ラプラシアンヒストグラム法：微分ヒストグラムと類似しているが、ラプラシアンフィルタを適用した微分ヒストグラムを用いることでエッジの上部と下部の濃度レベルに対応した双峰性のあるヒストグラムを得ることができ、2値化する上で必要であるヒストグラムの谷部を顕著にすることにより、しきい値の選定を容易にすることができる。実際にしきい値を選定する場合には、判別分析法などを用いる。

まず、理想的なヒストグラムをもった画像において、本手法及び他手法から選定されたしきい値との比較評価を行う。ここで、比較評価に用いた理想的なしきい値は、2章で行った予備実験から得られた最適なしきい値 Th_{μ_m} である。また、P-タイル法における面積比率 P は16%とし、更に微分ヒストグラム法におけるしきい値の選定は目測である。実際に調べた結果を表および図としてまとめたものが TABLE.1, Fig.8 である。

TABLE 1 各手法から算出されたしきい値

背景の平均濃度	理想的なしきい値	P-タイル法しきい値	Minimum Error法しきい値	大塚の方法しきい値	微分法しきい値	ラプラシアン法しきい値	本手法しきい値
184	152	160	137	106	35	58	155
178	144	154	128	101	55	60	149
169	142	143	140	95	40	65	141
159	133	133	129	80	35	68	133
155	124	131	109	80	60	66	129
146	121	123	112	61	40	65	121
124	89	101	94	73	30	56	101
116	83	83	55	66	25	58	83
101	79	75	78	59	30	65	81
91	71	67	69	52	20	65	74
79	59	58	58	45	23	76	63
61	40	42	46	39	20	46	48
55	40	33	43	30	25	52	41
36	22	23	25	19	17	36	26
20	11	12	11	10	15	15	10
12	7	6	6	6	18	11	4

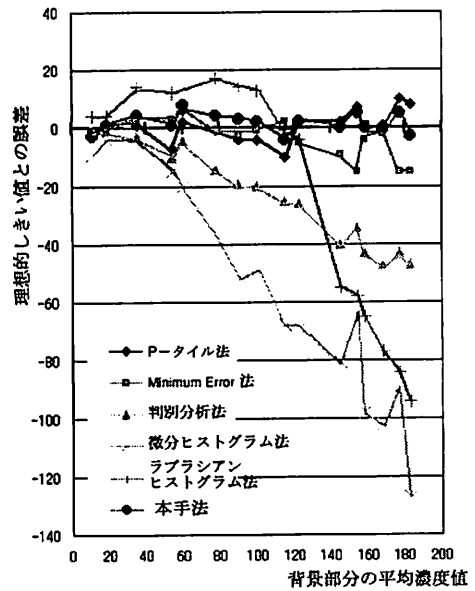


Fig. 8. 理想的なしきい値との誤差

これら TABLE.1 および Fig.8 から、P-タイル法と Minimum Error法は、ほぼ理想的なしきい値が得られている。判別分析法については、背景の平均濃度値が明るい画像から選定されたしきい値は、理想的なしきい値と大きな違いが見られが、背景の平均濃度値が暗い画像では、ほぼ同じしきい値を得られていることがわかる。これはしきい値を選定する際に濃度ヒストグラムにおける文字部分と背景部分の面積比率の影響を強く受けるためだと考えられる。また、微分ヒストグラム法は、Sobel フィルタを用いたことに伴い、微分値に対する微分ヒストグラムは左側に偏ってしまい、しきい値が他手法よりも小さい値を選定する傾向にあった。一方ラプラシアンヒストグラム法は、ラプラシアンフィルタの影響から、特に背景の平均濃度値が暗い画像に対して適切なしきい値の選定が困難であった。

次に、各手法によって実際に2値化された結果を Fig.9 および Fig.10 に示す。ここで、各手法とも動的な方法でしきい値の選定を行っているが、本手法以外は各手法に見合った分割法で動的にしきい値は選定されている。各々の図における(c),(k)はP-タイル法、(d),(l)は微分ヒストグラム法、(e),(m)はラプラシアンヒストグラム法、(f),(N)は判別分析法、(g),(o)はMinimum Error法、(h),(p)が本手法である。

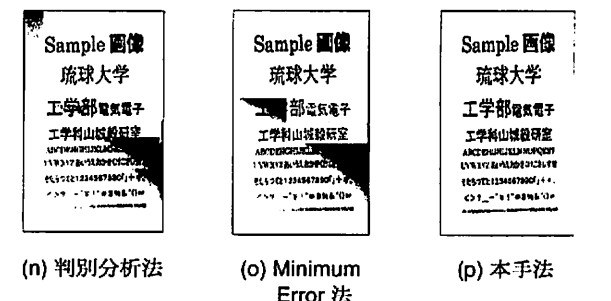
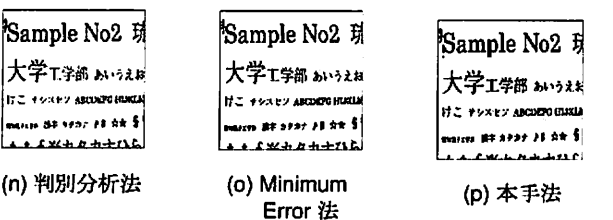
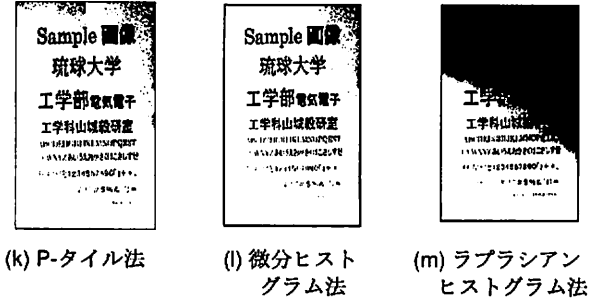
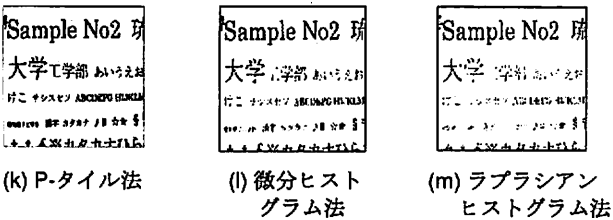
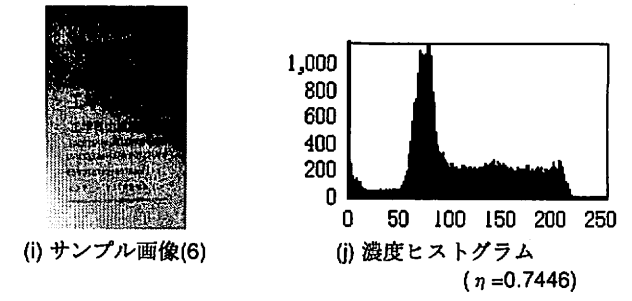
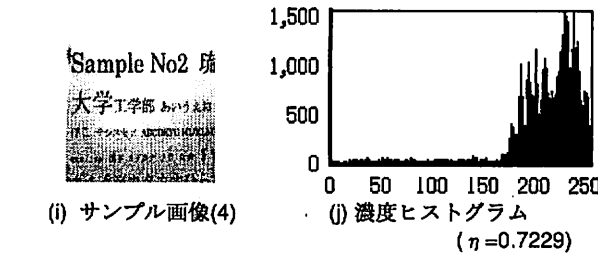
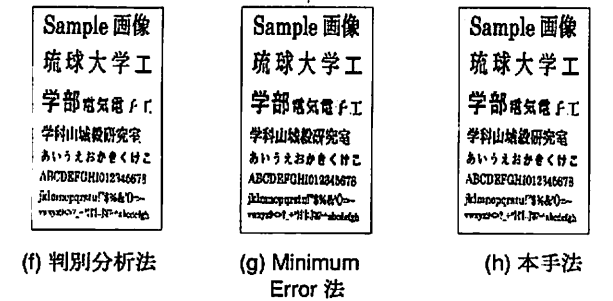
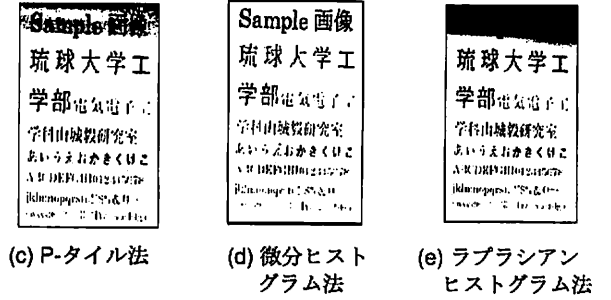
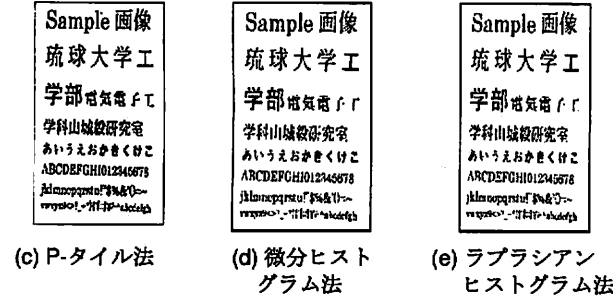
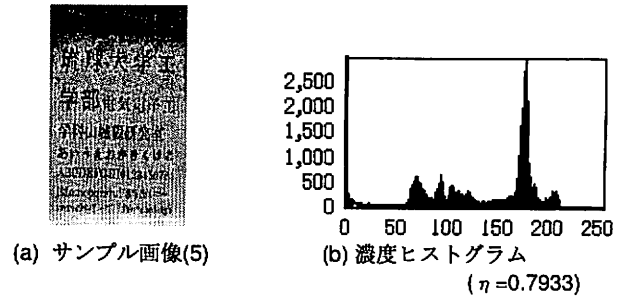
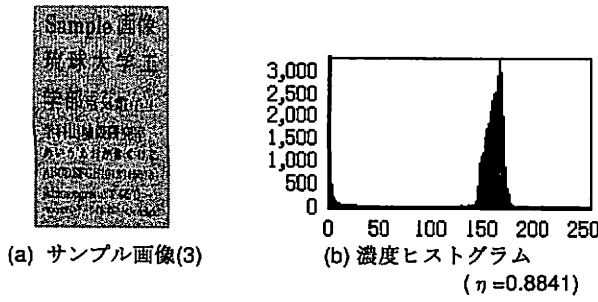


Fig. 9. 双峰性の高い画像に対する6手法の結果

Fig. 10. 双峰性のない画像に対する6手法の結果

Fig.9は、双峰性のある画像であることが濃度ヒストグラムからもわかり、このことは η の値からも予測できる。 η は、0から1の範囲をもち、1に近いほど、濃度ヒストグラムにおける文字部分と背景部分の2クラスの分離度、あるいは濃度ヒストグラムの双峰性が高いことを意味している。双峰性の高い文字画像の場合、6手法とも適切なしきい値の選定が容易なことから良好な結果が得られている。

一方、Fig.10は照明具合が悪く、濃度ヒストグラムに双峰性がみられない。P-タイル法は、シェーディングによる影響から必ずしも文字比率 P %が最適なしきい値とはなり得にくいため、画像中における暗い箇所において潰れが生じる。また、画像中の文字の大きさが異なる場合は、分割した際の文字比率が異なるために、最適なしきい値の決定がより困難になってしまう。微分ヒストグラム法の欠点としては、他手法よりも低いしきい値が選定されるために画像上の暗い部分では忠実に2値化できるが、明るい部分では文字が掠れてしまう。逆にラプラシアンヒストグラムは、ラプラシアンフィルタの性質により、明るい部分では2値化は行えるが、暗い部分では潰れが生じ、良好な結果が得られない。また、しきい値を選定する上で双峰性が強く求められる判別分析法およびMinimum Error法は、画像の分割を行うことで、ある程度双峰性が得られる部分では2値化できるが、十分に双峰性が得られない分割領域において潰れが生じている。しかし、本手法においては画像の背景の平均濃度からなるしきい値式によりしきい値を選定して2値化を行うので、画像の双峰性は必要なく、いづれの画像でも良好な結果を得ることができる。このことをより顕著にするために、背景部分のみからなる画像についての処理を試みた(Fig.11参照)。一般的に、2値化を行う際には、抽出したい部分(文字)があるために双峰性をもった濃度ヒストグラムとなる。しかし、仮に背景部分のみからなる画像に対しても処理を行った際に、結果として白のみが抽出されることが理想的なしきい値選定法であるといえる。判別分析法およびMinimum Error法では、必ず濃度ヒストグラムを2クラスに分離することを前提としてしきい値を選定するために、背景部分のみからなる画像Fig. 11(a)に対して、雑音を残す結果となってしまう。

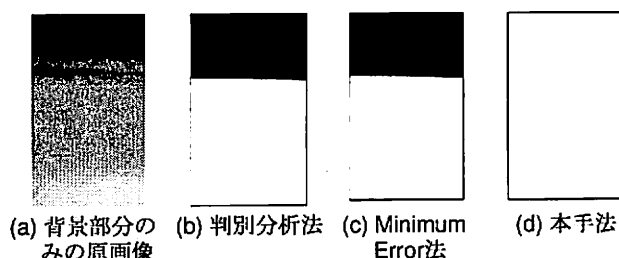


Fig. 11. 背景部分のみの画像の2値化

6.2 処理時間について

照明ムラによるシェーディングのかかった文字画像の2値化は、画像を分割し、分割した各領域ごとにしきい値の設定を行う必要があるため、分割数を増加した場合におけるP-タイル法、判別分析法、Minimum Error法および本

手法の処理時間の測定を試みた。なお、微分ヒストグラム法はしきい値の選定が微分ヒストグラムから日測によりしきい値が選定され、また、ラプラシアンヒストグラム法ではしきい値の選定には判別分析法を用いているため、ここでは処理時間の比較対象からは除外した。このとき処理の対象となった文字画像の大きさは313×233[pixel]、処理に用いたパソコンのCPUは466[MHz]、メモリは192[MB]である。

処理時間を測定した結果をFig.12に示す。その結果、分割を行わないときは4手法の処理時間は約1[秒]で、差はみられない。しかし、判別分析法やMinimum Error法は、分割数が増加すると処理時間が長くなる。これは判別分析法は最大の分散間を、Minimum Error法は最小の誤分類率を求める際、基準濃度値を変動させるなどしきい値を選定するための式が複雑になることによる。一方、P-タイル法および本手法は、しきい値が容易に選定でき、分割数が増加しても処理時間の大きな変動は見られない。この結果、本手法は高速に2値化を行うことのできる手法でもある。

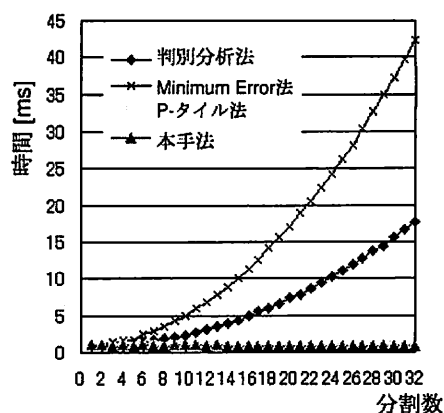


Fig. 12. 4手法の処理時間

7. まとめ

2値化の善し悪しによっては、以後の処理に多大な影響を及ぼすため、これまでに数多くのしきい値選定方法が提案されている。本研究では、扱いを簡単にし、処理時間においても高速で、更に照明条件に影響されずに自動的にしきい値を選定することのできる手法を提案した。提案手法では、処理の対象となる画像の濃度ヒストグラムの大部分を占める背景部分の濃淡分布に着目し、基準となる濃度値を背景部分の平均濃度値として最適なしきい値を算出した。また、画像の外枠の濃度差に着目して画像のシェーディングの状態に応じた画像を分割法を提案し、分割領域に動的しきい値を選定した。更に本手法で定義するしきい値面を内挿法によって平滑化することで、よりシェーディングに応じたしきい値面を形成することができる手法も提案した。

これら提案手法に対しての有効性を示すために、他手法との比較評価についても試みた。その結果、提案したしきい値式から最適なしきい値が選定されており、視覚的にも処理時間の面からも優れていることを証明した。なお、本

論文で定義するしきい値式は、式における傾き α と、切片 β を変化させることで、抽出したい対象物が異なる画像に対しても応用が可能である。

今後は、しきい値式の他用途への応用や、しきい値面の平滑化を伴わない分割法について提案したい。また、これまで本手法と比較対象となった手法は、濃度ヒストグラムおよびエッジ情報を利用した手法であったので、他の大局的な情報を基に提案されたしきい値選定法との比較評価を行う。

謝辞 本研究に際し、貴重な御助言を頂いた琉球大学工学部瑞慶覧長定教授に深謝致します。

参考文献

- [1] 鳥脇 純一郎: “画像理解のためのデジタル画像処理 (I)”, 株式会社昭晃堂, pp.135-139, 1988.
- [2] 大津 展之: “判別および最小 2 乗規準に基づく自動しきい値選定法”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J63-D, No.4, pp.349-356, 1980.
- [3] Kittler J. and Illingworth J.: “Minimum Error Thresholding”, Pattern Recognition, 19, 1, pp.41-47, 1986.
- [4] 尾上 守夫 “画像解析ハンドブック”, 株式会社昭晃堂, pp.273-276, 1987.
- [5] 笹川 耕一, 黒田 伸一, 池端 重樹: “平均隣接数に着目したしきい値決定法”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J73-D-II, No.3, pp.360-366, 1990.
- [6] 谷口 倫一郎, 河口 英二: “二値画像の複雑さと多値画像のしきい値処理に関する考察”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J70-D, No.1, pp.164-174, 1987.
- [7] 長嶺 銀河, 山城 毅, 安富祖 忠信: “CCD カメラで取り込んだ文字画像の 2 値化に関する研究”, 信学技報, EID97-13, pp.7-12, 1997-06.
- [8] 除川 幸子, 山城 毅, 渡久地 實: “シェーディングのある文字画像の 2 値化に関する研究”, 平成 10 年度電気関係学会九州支部連合大会講演論文集, No.433, pp.213, 1998.
- [9] 山川 毅, 山城 毅, 渡久地 實: “シェーディングのかかった文字画像の 2 値化”, 2001 年電子情報通信学会情報・システムソサイエティ大会講演論文集, D-11-83, pp.168, 2001.
- [10] 山川 毅, 山城 毅, 渡久地 實: “劣悪な照明条件下で撮影された文字画像の 2 値化処理”, 2002 年電子情報通信学会情報・総合大会講演論文集, D-11-105, 2002.
- [11] 山川 毅, 山城 毅, 渡久地 實: “一次式による文字画像の高速 2 値化法”, 2002 年情報科学技術フォーラム (FIT) 講演論文集, J-20, 2002.
- [12] 山川 毅, 山城 毅, 渡久地 實: “シェーディングのかかった文字画像の 2 値化”, 琉球大学工学部紀要 第 63 号, 2002 年.
- [13] C.K, Chow and T. Kaneko: “Automatic boundary detection of the left benticle from cineagrams”, Computer and Biomedical Res., Vol.5, pp.863-873, May. 1988.
- [14] 塩 昭夫: “情景中文字の検出のための動的 2 値化処理法”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J71-D, No.5, pp.863-873 1988.
- [15] 斎藤 文彦: “最頻度エッジ画素に着目した 2 値化しきい値選定法”, 画像電子学会誌, 第 31 号, 第 3 号, 2002.
- [16] 鳥生 隆, 岩瀬 洋道, 後藤 敏行: “最小値フィルタを利用した 2 値化のしきい値撰択法”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J72-D-II, No.11, pp.1800-1806, 1989.