

# 琉球大学学術リポジトリ

## CCDカメラで取り込んだ文字画像の二値化に関する研究

|       |  |
|-------|--|
| メタデータ | 言語:<br>出版者: 琉球大学工学部<br>公開日: 2007-08-23<br>キーワード (Ja):<br>キーワード (En): dynamic thresholding, lighting condition, CCD camera, shading<br>作成者: 長嶺, 銀河, 山城, 毅, 安富祖, 忠信, Nagamine, Ginga, Yamashiro, Tsuyoshi, Afuso, Chushin<br>メールアドレス:<br>所属: |
| URL   | <a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/1468">http://hdl.handle.net/20.500.12000/1468</a>  |

## CCDカメラで取り込んだ文字画像の二値化に関する研究

長嶺 銀河\* 山城 毅\*\* 安富祖 忠信\*\*

A Study of Binarization Method for Character Image Taken with CCD Camera

Ginga NAGAMINE\* Tsuyoshi YAMASHIRO\*\* Chushin AFUSO\*\*

## Abstract

There are various ways to binarize images automatically. Our study is how to binarize character images which were taken under bad lighting conditions with CCD camera. We propose a linear equation for threshold and the adaptive image segmentation. The dynamic thresholding by this method makes these shading images well binarized in quality.

**Key Words:** dynamic thresholding, lighting condition, CCD camera, shading

## 1. はじめに

二値化等, 低レベル画像処理の手法の多くは, 認識をするような, より高次の画像理解のための前処理として, 良好な画像を得ることを目的として研究されている。また前処理という性格からすれば, 手続きの簡単さと処理時間の短縮も重要な要素となる。

本研究では, 文字認識などにおいて重要な前処理である画像の自動二値化について検討した。画像の自動二値化に関してはさまざまな方法 [1]~[19] が提案されている。一般的に取り込まれた画像は, 単一しきい値で二値化するとうまくいかない。その場合局所的なしきい値を定めて動的に二値化することになるが, これまで提案された手法では, アルゴリズムに改善を加えた結果, 手続きの複雑さとそれにとまなう処理時間の増加を招いている。それでも, 画像によってはうまく二値化できないことがある。従来の方法による動的二値化 [10] は, あらかじめ決めた大きさに等分割された各領域に対してその中心のしきい値を求め, さらに各領域の中心しきい値を結ぶようにして, 線形補間により画素ごとのしきい値を算出している。この方法は, 背景領域に濃淡むらが大きい場合特に有効であるが, 反面, 線形補間により生成されるしきい値は濃淡の微細な変動まで捉えてしまい適切なしきい値面を生成できない場合がある [13]。また, 単純にシェーディングのような雑音を取り除く方法もあるが, 処理効率がいちじるしく落ち, 品質の面でも問題がある。

これらの問題点を改善するために, しきい値選定法と局所領域の決め方の二点について検討した。提案する手法は, まず, ある条件のもとでサンプル画像の二値化を実験

的に求め, これより最適しきい値と濃度レベルとの相関関係を得る。これらの相関関係により得られたしきい値決定法 (相関式をもちいたしきい値決定法) と, 対象画像の背景領域の濃度レベルの変動に適応した画像平面の分割処理 (画像の適応的分割処理) の組合せで構成される。この組み合わせは, 入力機器からの画像取り込みの際の照明条件による悪影響を考慮して設計されたもので, 特にCCDカメラなどの自由度の高い入力機器から取り込んだ画像を二値化するとき効果的である。

## 2. しきい値処理

本研究で提案するしきい値処理の手法は, 濃度ヒストグラムから, あらかじめ予想されたしきい値と適切に定義した規準値 (濃度レベル) との相関を, 線形関数で近似して定式化し, その関数から最適しきい値を算出する方法である [1]。

## 2.1 相関式を用いたしきい値決定法

$L$  レベルの濃度スケールを持つ画像において, レベル  $i$  ( $i \in S, S = \{1, \dots, L\}$ ) の濃度を持つ画素の和を  $n_i$  とすると, このときの全画素数  $N = \sum_{i \in S} n_i$  であり, 正規化ヒストグラム  $p_i$  は, 式 (1) で表せる。

$$p_i = \frac{n_i}{N} \quad (i \in S, p_i > 0, \sum_{i \in S} p_i = 1) \quad (1)$$

ここで, 重なりのないほとんど二つの正規分布の和で表せるような統計的分布をもつ理想画像  $I$  について考える (Fig. 1)。

画像  $I$  の正規化ヒストグラム  $p_i$  において, 最適しきい値  $k^*$  を二つの分布の部分に定め,  $k^*$  と適当な濃度レベル  $i_a$  の間に簡単な相関の式  $f_I$  を考える。

$$k^* = f_I(i_a) = \alpha \cdot i_a + \beta \quad (2)$$

もし, 理想画像  $I$  と検査対象の実画像  $R$  の画素の統計的分布がほぼ同様であるならば, 実画像  $R$  における適切なしきい値  $Th$  は, 前述の相関  $f_I$  から決定できる。

受理: 1997年5月26日

画像変換技術合同研究会予稿 (本年度6月沖縄) に加筆修正

\*大学院工学研究科電気情報工学専攻

(Graduate Student, Dept. Electrical and Information Eng.)

\*\*工学部電気電子工学科

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

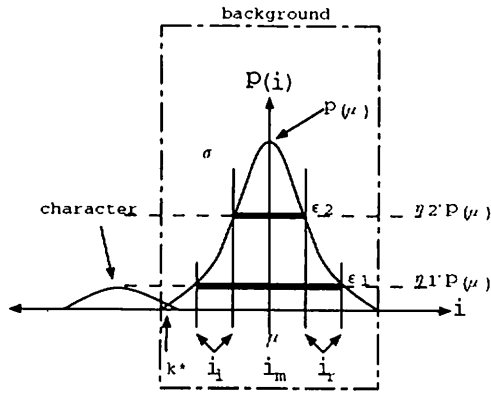


Fig. 1. 理想的な文書画像の濃度ヒストグラム

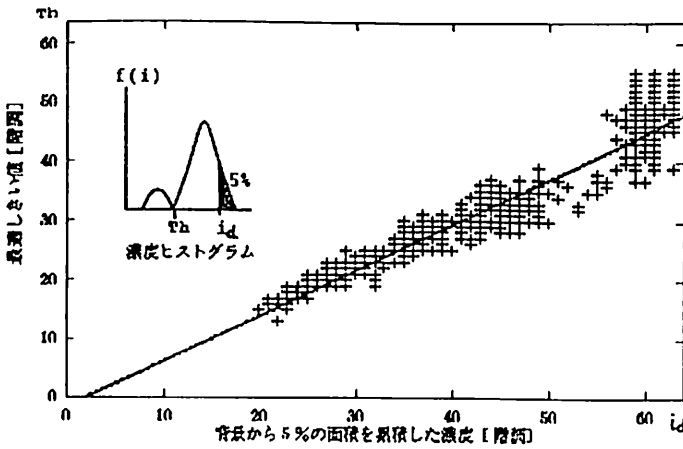


Fig. 2. しきい値と5%値との相関の測定結果

$$Th = f_I(i_d) \tag{3}$$

すなわち、規準となる  $i_d$  を適切に定義し、理想画像  $I$  において相関関数  $f_I$  をあらかじめ求めることにより、処理対象の実画像  $R$  における適切なしきい値  $Th$  が式 (3) により簡単に求まる。

次節で求まる正規分布から  $f_I$  を解析的に求めることもできるが、今回は、処理対象のいくつかのサンプル画像を実測して得られた結果 (Fig. 2) から式 (4) を  $f_I$  として使用した。

$$Th = f_I(i_d) = 0.79 \cdot i_d - 0.73 \text{ (しきい値決定式) } \tag{4}$$

$i_d$  は、実画像上でのごまつぶ雑音などの影響 (Fig.3) を考えて、ヒストグラムの分布のうち背景にあたると思われる部分の端から5% 累積した位置の濃度である [1]。

Table.1は四つの異なる文字画像から測定により導かれた係数である。 $\alpha, \beta$  は、処理対象の画像の特徴により変化する係数であるが、文字画像の場合は表より各画像とも似たような値が算出されているのがわかる。

なお、文献 [6] では、処理対象の画像を対象物と白紙画像の合成画像であるとし、対象物を取り出すように画像ご

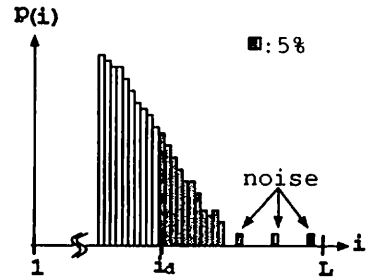


Fig. 3. ごまつぶ雑音の様子と5%値

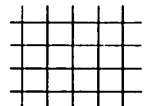
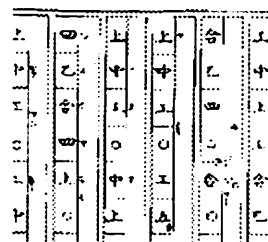
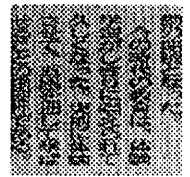
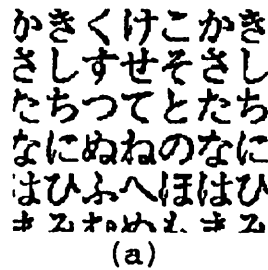


Fig. 4. 測定に用いた画像 (スケールはそれぞれ異なる)

とに逐次二値化処理する手法が述べられているが、本方式は、この作業を一括して行いえる。

### 3. 動的二値化

提案する手法は、対象画像を適切に定めた制約条件により部分領域に分割し、各領域ごとにしきい値を決める動的二値化である。この二値化では、必要に応じて画像を分割するため、しきい値面作成のための計算量が少なくすむ。また、濃淡の変動が少ない領域は分割しないため、濃淡の微細な変動による雑音がほとんどない。

#### 3.1 画像の適応的分割処理

Fig. 1のような濃度ヒストグラムで濃度の最大値を、

TABLE 1 しきい値決定式の測定結果

|           | $\alpha$ | $\beta$ |
|-----------|----------|---------|
| (a) 日本語文字 | 0.79     | -0.73   |
| (b) 新聞記事  | 0.75     | -1.18   |
| (c) 工工四楽譜 | 0.75     | -1.14   |
| (d) 格子模様  | 0.71     | -0.77   |

$$p(i_m) = \max_i p(i) \quad (5)$$

とする。ここで  $0 < \eta < 1$  としたとき、

$$p(i_m) \cdot \eta = \begin{cases} p(i_r) & (i_r > i_m) \\ p(i_l) & (i_l < i_m) \end{cases} \quad (6)$$

を考える。また、 $d(i_r, i_l) = i_r - i_l$  により分布形状を認識し、

$$d(i_r, i_l) > \epsilon \quad (\text{制約パラメータ}) \quad (7)$$

であるときシェーディングが大として画像平面を小領域に分割する。

文字画像の場合画像全体に対する文字の割合は、比較的少ない[1]。よって、分布形状に対する制限は、特に背景領域にあたるであろう多数を占める濃淡レベルの分布に対して有効になる。

いま、しきい値処理に適した分布となるヒストグラムとして、正規分布を仮定し、以下の手順により制約パラメータ  $(\eta, \epsilon)$  を求める (Fig.1)。

まず、正規分布関数、

$$p(i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(i-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (8)$$

を考える。ここで  $i$  は確立変数、 $\mu$  は平均値、 $\sigma^2$  は分散である。 $p(i) = \eta p(\mu)$  ( $\because p(\mu) = P(i_m)$ ) としたとき、 $i$  について展開すると、

$$i = \mu \mp \sqrt{2\sigma^2 \ln(\sqrt{2\pi}\sigma\eta p(\mu))} \quad (9)$$

式(9)の  $i$  の + の項を  $i_r$ 、- の項を  $i_l$  としたとき、制約パラメータ  $\epsilon$  は、次式により算出される。

$$\epsilon = i_r - i_l \quad (\text{or } 2 \cdot i_r) \quad (10)$$

式(8, 9)で  $\mu = 0$ 、 $\eta = \{0.2, 0.5\}$  とし、 $\sigma$  を変化させたときの制約パラメータ  $\epsilon$  を求める。

我々の実験では、256階調の画像において  $\sigma = 49$  のとき  $(\eta_1, \epsilon_1) = (0.2, 172)$ 、 $(\eta_2, \epsilon_2) = (0.5, 113)$  を用い良好な結果が得られた

### 3.2 しきい値面の平滑化

部分領域ごとに導かれたしきい値からなるしきい値面に対して、最小の部分領域のサイズを一単位とした、 $3 \times 3$  のマトリクスフィルタによる平滑化処理を行う (Fig. 5)。

フィルタのマスサイズは、生成された最小の部分方形領域  $(x, y)$  の大きさ ( $1 \leq x \leq MX$ 、 $1 \leq y \leq MY$ ) と等しいものとする。また、 $i$  ( $1 \leq i \leq 9$ ) 番目のマスに含まれる画素のしきい値は、 $Th_i(x, y)$  とする (Fig. 5)。マトリクス内のしきい値の平均値をマトリクスの中心  $Th_5$  の新たなしきい値にする。

$$Th_5(x, y) = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 Th_i, \quad 1 \leq x \leq MX, \quad 1 \leq y \leq MY \quad (11)$$

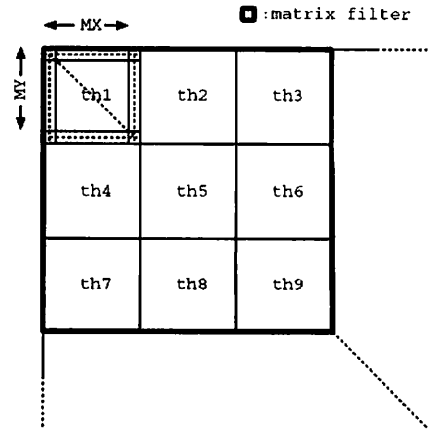


Fig. 5. しきい値面の平滑化

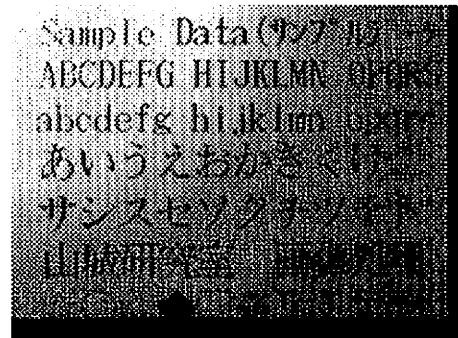


Fig. 6. 原画像

この処理により、局部的に急激な変化があるしきい値面をなだらかに改変する。しきい値面の実際の様子次節に示す。

### 4. 実験

Fig.6にCCDカメラで取り込んだ  $683 \times 512$ pixel, 256階調の文字画像を、Fig.7にその濃度ヒストグラムを示す。

まず、固定しきい値処理 (しきい値  $Th = 144$  : 大津の方法 [2] を使用) によってで二値化した結果を Fig.8に示す。シェーディングの影響でカスレやつぶれが出ており、単一のしきい値ではうまく二値化できないことがわかる。

また、同じ画像を従来の動的二値化 (文献 [10], [13] に準じた方法) によって生成されたしきい値面 (Fig.9) で二値化した結果を Fig.10 に示す。画像の端の部分を除けば良好に二値化できている。ただし、このモジュールでは、双峰性評価に大津の方法を用い、しきい値算出に前述の相関式を用いたしきい値決定法を使用した。

Fig.11及び12に、Fig.6を本手法によって二値化する際に再生されたしきい値面の様子を、それぞれ平滑化前のしきい値面と平滑化後のしきい値面で示す。また、このようにして得られたしきい値により二値化した結果を、Fig.13に示す。単一のしきい値及び従来の動的二値化によるしきい値面と比べて、適切なヒストグラムが得られる局所領域を選択したので、生成されたしきい値面はなめらかになり、うまく二値化できているのがわかる。

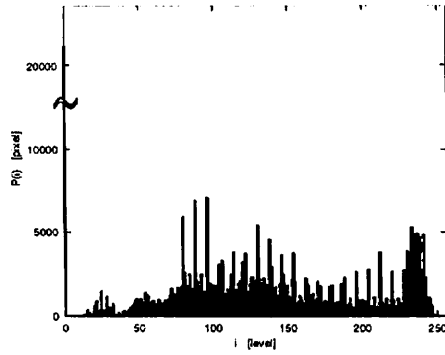
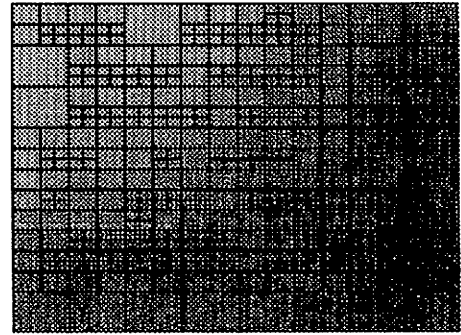
Fig. 7. 濃度ヒストグラム (256 階調,  $Th = 144$ )

Fig. 11. しきい値面の様子 (平滑化処理なし)

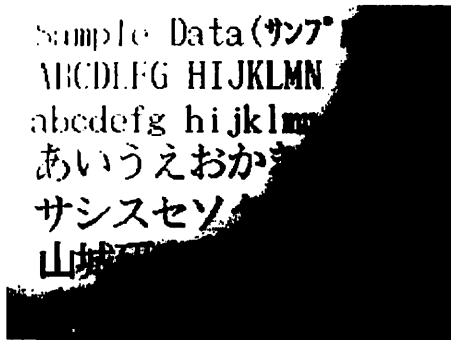


Fig. 8. 固定しきい値処理による二値化 (大津の方法使用)

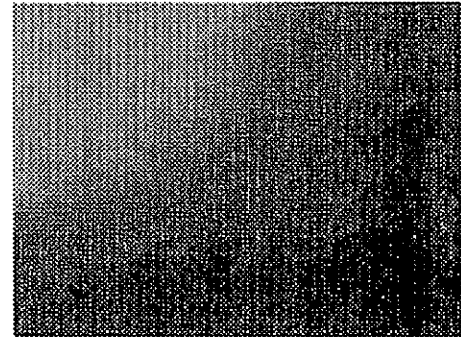


Fig. 12. しきい値面の様子 (平滑化処理あり)

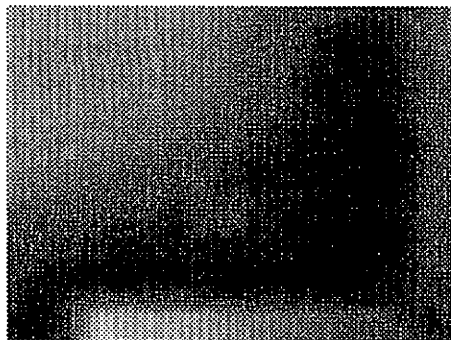


Fig. 9. 従来の動的二値化におけるしきい値面の様子

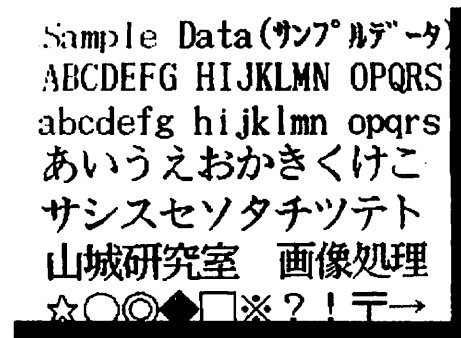


Fig. 13. 二値化結果

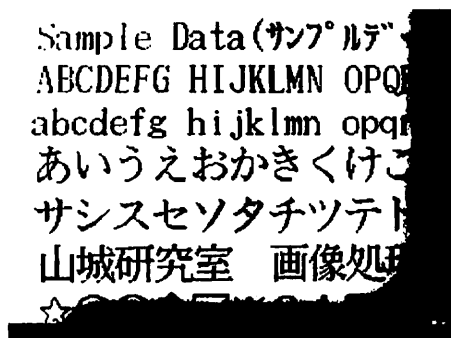


Fig. 10. 二値化結果

実験結果から、固定しきい値処理でうまく二値化できない画像が、動的二値化により二値化できた。品質の面では、従来の方法と同程度かそれより良い結果となった。

処理速度は、画像の再生などのオーバーヘッドを含むモジュール全体の処理時間が、動作クロック 150MHz の PC 上で従来の動的二値化が 6 秒、本稿の手法が 3 秒弱、SUN Spark 互換 WS 上での実験でも、それぞれ 7 秒、4 秒弱であり、本手法は高速であった。

付録として、Fig.14~22 にその他の画像を本手法と従来の手法で二値化した結果を示す。

5. むすび

1. しきい値処理に, 相関式を用いたしきい値決定法を用いた.
2. 濃度ヒストグラムの分布形状に制限をつけることで, 適応的に画像平面を分割した.
3. 上記の二つの手法の組合せによる動的二値化により, シェーディングのあるサンプル画像が適切に, また高速に二値化できた.
4. 既存のいくつかの方法との比較により, 本手法の有効性が示せた.

今後は, 文献[7], [19]の方法などを参考にし, 定量評価を行う予定である.

参考文献

- [1] 長嶺 銀河, 幸地 俊之, 山城 毅, 安富祖 忠信, "CCD カメラで取り込んだ画像の2 値化に関する研究", 信学技報 IE96-21, Vol.96, No.116, 1996.
- [2] 大津 展之, "判別および最小2 乗基準に基づく自動しきい値選定法", 信学論, Vol.J63-D, No.4, 1980.
- [3] 谷口 倫一郎, 河口 英二, "二値画像の複雑さと多値画像の域値処理に関する考察", 信学論, Vol.J70-D, No.1, pp.164-174, 1987.
- [4] 塩 昭夫, "情景中文字の検出のための動的二値化処理法", 信学論, Vol.J71-D, No.5, pp.863-873, 1988.
- [5] 鳥生 隆, 岩瀬 洋道, 後藤 敏行, "最小値フィルタを用いた2 値化のしきい値選定法", 信学論D-II, Vol.J72-D-II, No.11, pp.1800-1806, 1989.
- [6] 上野 祐司, 西 躰巳, "自動車用ガラスマークの検査方法", 第21回画像工学コンファレンス, 1990.
- [7] 笹川 耕一, 黒田 伸一, 池端 重樹, 英保 茂, "しきい値決定法の性能比較評価", 信学論, Vol.J76-D-II, No.10, pp.2185-2195, 1993.
- [8] 後藤 敏行, 鳥生 隆, "輪郭とエッジの一致性評価に基づく濃度しきい値とエッジ検出しきい値の再帰的決定法", 信学論D-II, Vol.J77-D-II, No.9, pp.1727-1734, 1994.
- [9] 佐野 睦夫, 奥平 雅士, 金子 博, "MISE 規準に基づくしきい値決定法", 画像電子学会誌, 第23巻, 第6号, pp.706-715, 1994.
- [10] C.K.Chow, T.Kaneko, "Automatic Boundary Detection of the Left Ventricle from Cineangiograms", Computers and Biomedical Research, 5, pp.388-410, 1972.
- [11] Sadakazu Watanabe, THE CYBEST GROUP, "An Automated Apparatus for Cancer Prescreening : CYBEST", Computer Graphics and Image Processing, 3, pp.350-358, 1974.
- [12] J.S.Weszka, R.N.Nagel, A.Rosenfeld, "A Threshold Selection Technique", IEEE Trans.Computer, No.12, pp.1322-1326, 1974.
- [13] Yasuo Nakagawa, Azriel Rosenfeld, "Some Experiments on Variable Thresholding", Pattern Recognition, Vol.11, pp.191-204, 1979.
- [14] J.M.White, G.D.Rohrer, "Image Thresholding for Optical Character Recognition and Other Applications Requiring Character Image Extraction", IBM J.RES. DEVELOP, Vol.27, No.4, pp.400-411, July 1983
- [15] J.N.Kapur, P.K.Sahoo, A.K.C.Wong, "A New Method for Gray-Level Picture Thresholding Using the Entropy of the Histogram", CVGIP, 29, pp.273-285, 1985.
- [16] J.Kittler, J.Illingworth, "Minimum Error Thresholding", Pattern Recognition, Vol.19, No.1, pp.41-47, 1986.
- [17] S.D.Yanowitz, A.M.Bruckstein, "A New Method for Image Segmentation", CVGIP, 46, pp.82-95, 1989.
- [18] Øivind Due Trier, Torfinn Taxt, "Improvement of "Integrated Function Algorithm"for binarization of document images", Pattern Recognition Letters, 16, pp.277-283, 1995.
- [19] Øivind Due Trier, Anil K. Jain, "Goal-Directed Evaluation of Binarization Methods", IEEE, vol.17, no.12, pp.1191-1201, 1996.

— 付録 —

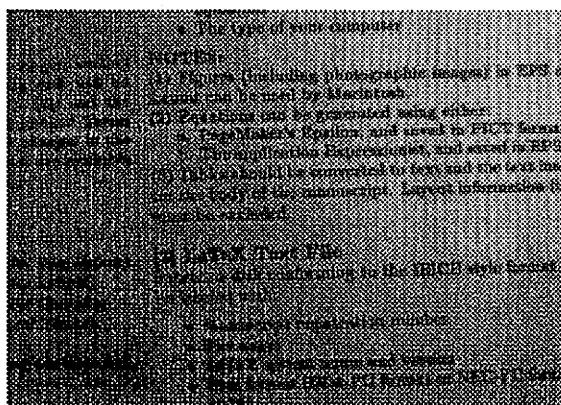


Fig. 14. 原画像 (668 × 480 pixel, 256 色)

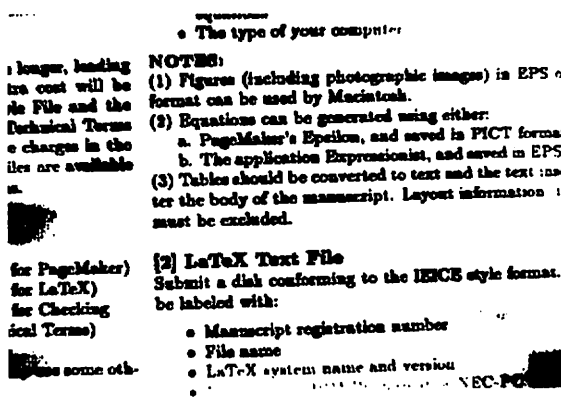


Fig. 15. 従来の方法による二値化

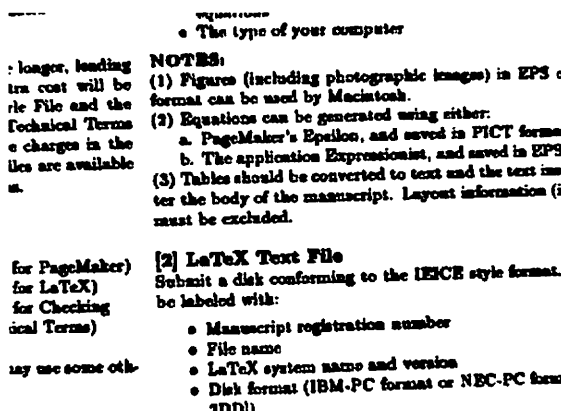


Fig. 16. 本手法による二値化

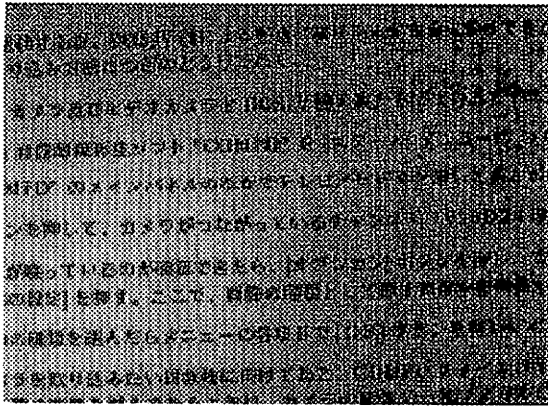


Fig. 17. 原画像 (312 × 243 pixel, 256 色)

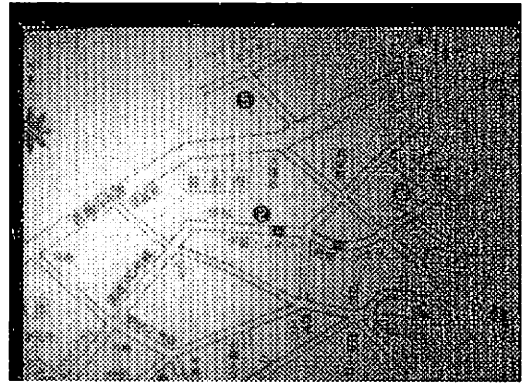


Fig. 20. 原画像 (668 × 480 pixel, 256 色)

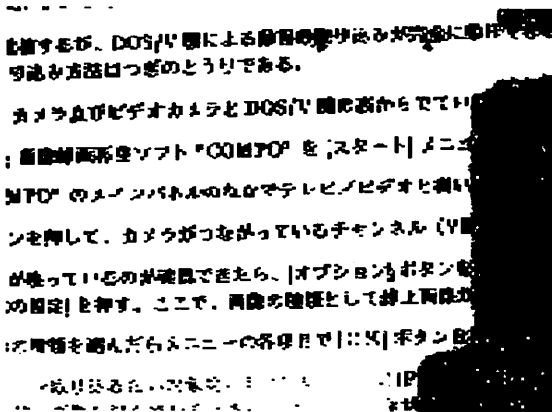


Fig. 18. 従来の方法による二値化

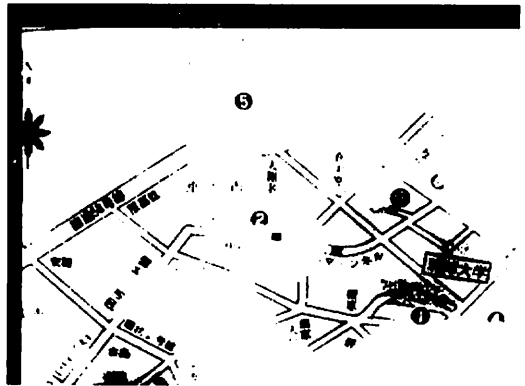


Fig. 21. しきい値処理に大津の方法を使用した従来の方法による二値化

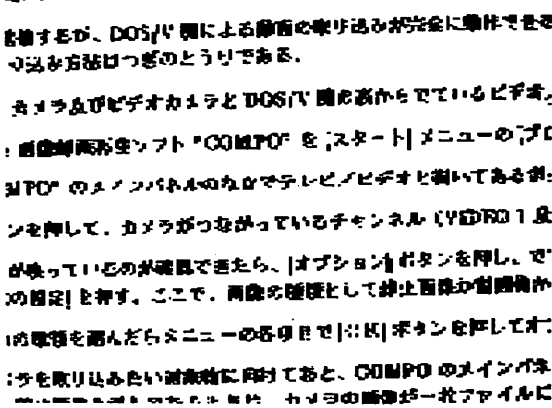


Fig. 19. 本手法による二値化

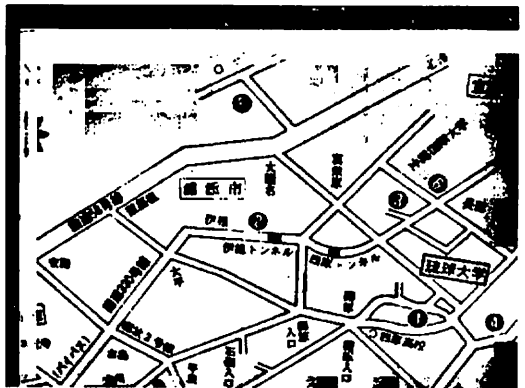


Fig. 22. 大津の方法と適応的分割処理の組合せによる二値化