

## メディアンフィルタの輪郭抽出処理におよぼす影響

## The Effects of Median Filtering on Contour Extraction

後藤 敏行 鳥生 隆 山本 栄一郎

Toshiyuki Goto Takashi Toriu Eiichiro Yamamoto

( 株式会社 富士通研究所 )

( FUJITU LABORATORIES LTD. )

Abstract - This paper describes how to optimize the parameters of the contour extraction processing by analyzing the properties of median filters. The theoretical equation is derived for estimating the higher order statistical properties of an image obtained after median filtering from the gray level histogram of the input image. Using this equation, the detection probability of the edges on the contour is estimated to optimize the parameters.

Key words - Median filter, noise reduction, image processing, edge detection, contour extraction, statistical property.

## 1. まえがき

メディアンフィルタは画像処理における前処理手段として広く活用されており [1, 2]、その特性解析はもちろん最近ではフィルタと他の処理との組み合わせによる処理効果の解析などの研究も進められている [3]。筆者らもこれまでに画像処理におけるメディアンフィルタと輪郭抽出の関係について報告したが [4, 5]、ここでは白色雑音が重畳した均一画像に対するメディアンフィルタの雑音除去特性を解析し、輪郭抽出時のパラメータを最適化する方法を提案した [6]。その結果、メディアンフィルタのサイズあるいはエッジ検出時の閾値のうちの一方のパラメータが与えられた場合に、画像の背景部の濃度分布を計測することにより、他方のパラメータの最適解を導出できることを確認した。

今回、この解析結果をより実用面でとらえるための検討を行い、濃度分布とともに輪郭部における濃度変化の形状

を与えるだけで、メディアンフィルタのサイズとエッジ検出時の閾値の最適解を推定する理論式を導出した。具体的には、輪郭部分における濃度勾配から、輪郭部分でのメディアンフィルタの処理特性を統計的に解析し、メディアンフィルタ処理後の画像の高次統計量を推定する理論式を導き、次に輪郭部分における濃度変化の形状とパラメータの関係を求め、この結果を利用してメディアンフィルタの形状とエッジ検出時の閾値の二つのパラメータの最適な組合せを決定するものである。

以下、本稿では最適化の概要を説明した後、理論的解析結果ならびに実験結果について述べる。

## 2. 最適化の方法

図1は筆者らが考案したパラメータの最適化法を示したものである。ここでは画像の品質として画像の雑音の状態を表す背景部の濃度分布および輪郭の特性を表す輪郭部分

での濃度変化の予想値を用いる。次に、背景部の濃度分布から背景部の差分統計量を推定し、これを用いて背景部で誤ってエッジを検出しない確率（有効検出確率  $P_a$ ）を推定する。さらに、背景部の濃度分布と輪郭部分の濃度変化の予想値から輪郭部分における差分統計量と三次統計量を推定し、これらを用いて輪郭でエッジを検出する確率（有効検出確率  $P_l$ ）を推定する。次に、 $P_a$  と  $P_l$  から背景部分でエッジを検出せずに輪郭部分でエッジを検出する確率（エッジ検出確率  $P_e$ ）を求め、これと統合係数  $P_r$  との関係からメディアンフィルタのサイズとエッジ検出の閾値の最適化を行う。

なお、背景部の解析法については文献 [6] で述べており、以下では輪郭部の解析について検討する。この検討にあたっては、一様な濃度を持つ画像の中に対象物が孤立して存在していることを前提とし、画像中の雑音は正規白色雑音（平均；0、標準偏差； $\sigma$ ）を、またエッジは対象物の最外側にあると仮定した。

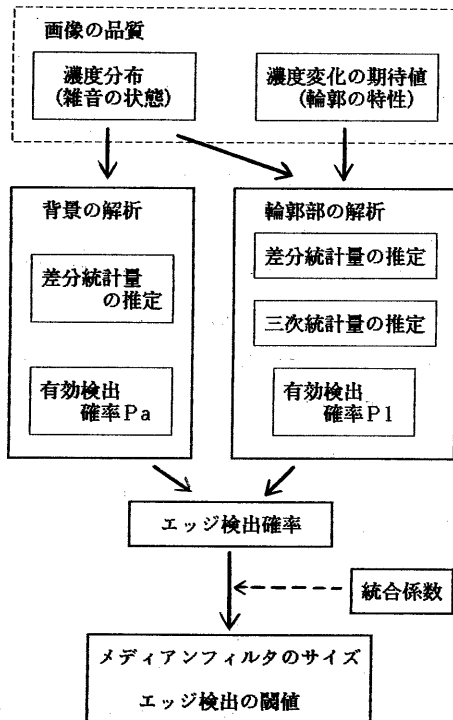


図1 パラメータの最適化

### 3. 理論的解析

#### 3.1 解析の手順

メディアンフィルタ処理後の画像において微分フィルタにより輪郭部分でエッジを検出する確率を推定するためには、濃度変化が大きい領域におけるメディアンフィルタの処理効果を評価することが必要である。

本解析では最初に輪郭部分の特性を複数枚の画像を入力したときの各画素における濃度の予想値すなわち集合平均を用いて表現する。次に輪郭部分での濃度の予想値と背景部の濃度分布からメディアンフィルタ処理後の差分統計量と三次統計量を推定する理論式を導き、さらにその式を利用して輪郭部分の濃度の予想値、背景部の濃度分布、メディアンフィルタのサイズおよびエッジ検出時の閾値とエッジ検出確率との関係を求める。

なお、輪郭部の差分統計量は背景部の濃度分布と輪郭部の濃度の予想値から直接推定することが可能であるが、ここでは、差分統計量を三次統計量から算出する方法をとっている。

#### 3.2 高次統計量の推定

##### 3.2.1 三次統計量の算出

原画像の画素  $Q$  の予想値を  $\phi(Q)$  とし、ある画素において雑音が  $\eta$ 、 $\eta + d\eta$  間の値をとる確率を  $P(\eta)$  で表す。このとき画素  $Q$  の濃度が  $\mu$ 、 $\mu + d\mu$  の値となる確率は  $P(\mu - \phi(Q))d\mu$  となる。

メディアンフィルタ処理後の画像において、異なる三つの画素  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$  の濃度がそれぞれ  $m_1$ 、 $m_1 + d m_1$  の値、 $m_2$ 、 $m_2 + d m_2$  間の値、 $m_3$ 、 $m_3 + d m_3$  間の値をとる確率  $P_c(\mu_1, \mu_2, \mu_3; Q_1, Q_2, Q_3, n)$  は次のようにして求められる。ただし、 $2n + 1$  はメディアンフィルタのウィンドウの大きさである。

三つの画素  $Q_i$  ( $i = 1 \sim 3$ ) のそれぞれにメディアンフィルタの中心を置いたとき  $Q_i$  に置かれたメディアンフィルタが覆う領域を  $A_i$  とし、それぞれの部分領域を  $B_i$  とすると両者の関係は図2のようなになる。ここで、各領域

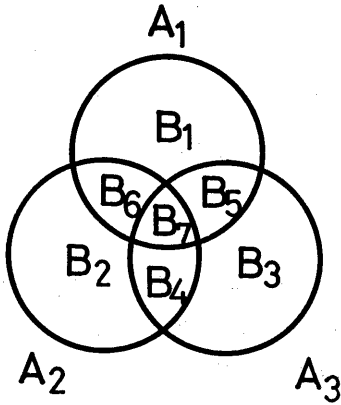


図2 メディアンフィルタの覆う領域

の画素数を  $k_i$  ( $i = 1 \sim 7$ ) とし、各領域における原画像の濃度を  $\phi_1^i, \phi_2^i, \dots, \phi_k^i$  ( $i = 1 \sim 7$ ) とする。

このとき、 $P_c(\mu_1, \mu_2, \mu_3; q_1, q_2, q_3, n)$  は領域  $A_1$  内の画素値の中央値がそれぞれ  $M_1$ ,  $M_1 + d$   $M_1$  間の値をとる確率を表すが、この確率は領域  $A_1 \cap A_2 \cap A_3$  内の一つの画素値が三つのフィルタに共通した出力となる場合 (CASE I)、 $i = 1 \sim 3$  に対して  $A_k \cap A_l$  ( $i \neq k \neq l$ ) 内の一つの画素値が  $Q_k, Q_l$  に中心を持つ二つのメディアンフィルタに共通した出力となり  $A_i$  内の他の一つの画素値が  $Q_i$  に中心を持つフィルタの出力となる場合 (CASE II)、その他の場合 (CASE III) とに分けられ、それぞれの確率密度を  $P_c^I, P_c^{II}, P_c^{III}$  で表現したとき、

$$\begin{aligned}
 &P_c(\mu_1, \mu_2, \mu_3; q_1, q_2, q_3, n) \\
 &= P_c^I(\mu_1; q_1, q_2, q_3, n) \delta(\mu_2 - \mu_1) \delta(\mu_3 - \mu_1) \\
 &+ \sum_{(i,k,l)} P_c^{II(i)}(\mu_i, \mu_k; q_1, q_2, q_3, n) \delta(\mu_k - \mu_i) \\
 &+ P_c^{III}(\mu_1, \mu_2, \mu_3; q_1, q_2, q_3, n) \quad (1)
 \end{aligned}$$

となる。ここで、 $\sum_{(i,k,l)}$  は  $(i, k, l)$  が  $(1, 2, 3)$ 、 $(2, 3, 1)$ 、 $(3, 1, 2)$  となるような整数  $i, k, l$  についての和を表す。

CASE I

それぞれの領域  $B_i$  ( $i = 1 \sim 3$ ) において濃度が  $M_1$  未満 ( $-\infty \sim M_1$ )、 $M_1$  に等しい ( $M_1$ )、 $M_1$  を越す ( $M_1 \sim \infty$ ) 値となる画素数を表 1 (a) のように設定する。このとき領域  $B_i$  の画素数が  $k_i$  であることから

$$q_i + r_i + s_i = k_i \quad (i = 1 \sim 7) \quad (2)$$

を満足しなければならない。 $M_1$  が三つのフィルタの中央値であるためには

$$\begin{aligned}
 &r_i = 0 \quad (i = 1 \sim 6) \quad r_7 = 1 \\
 &q_1 + q_5 + q_6 + q_7 = n \\
 &q_2 + q_4 + q_6 + q_7 = n \\
 &q_3 + q_4 + q_5 + q_7 = n
 \end{aligned} \quad (3)$$

を満足する必要がある。 $P_c^I$  は各濃度範囲の画素数が表 1 で示される値を持つ時の確率密度を式 (2) (3) を満足する負でない整数  $q_1 \sim q_7, r_1 \sim r_7, s_1 \sim s_7$  についての和をとることによって求まる。

表 1 変数の個数

(a) CASE I		(i = 1 ~ 7) (c) CASE III	
濃度	$B_i$	濃度	$B_i$
$-\infty \sim M_1$	$q_i$	$-\infty \sim M_1$	$q_i$
$M_1$	$r_i$	$M_1$	$r_i$
$M_1 \sim \infty$	$s_i$	$M_1 \sim M_2$	$s_i$
		$M_2$	$t_i$
		$M_2 \sim M_3$	$u_i$
		$M_3$	$v_i$
		$M_3 \sim \infty$	$w_i$

(b) CASE II	
濃度	$B_i$
$-\infty \sim M_1$	$q_i$
$M_1$	$r_i$
$M_1 \sim M_2$	$s_i$
$M_2$	$t_i$
$M_2 \sim \infty$	$u_i$

$$P_c^I(\mu_1; Q_1, Q_2, Q_3, n) = \sum_{m=1}^7 \left[ \prod_{(l, k_a)} \left\{ \sum_{a=1}^{q_a} \prod_{b=q_a+1}^{q_a+r_a} P(\mu_1 - \phi_{l_a}^b) \right\} \right. \\ \left. \times \prod_{b=q_a+1}^{q_a+r_a} P(\mu_1 - \phi_{l_b}^b) \prod_{c=q_a+r_a+1}^{q_a+r_a+s_a} F^-(\mu_1 - \phi_{l_c}^c) \right] \quad (4)$$

ここで

$$F^-(\mu) = \int_{-\infty}^{\mu} P(\lambda) d\lambda, \quad F^+(\mu) = \int_{\mu}^{\infty} P(\lambda) d\lambda \quad (5)$$

であり、 $\sum^I$  は式 (2)、(3) を満足する負でない整数  $q_1 \sim q_7$ 、 $r_1 \sim r_7$ 、 $s_1 \sim s_7$  についての和、 $\prod_{a=a}^b$  は  $a > b$  の時は 1、 $a \leq b$  の時  $a \leq \alpha \leq b$  を満足する  $\alpha$  についての積を表し、 $\sum_{(l, k)}$  は  $(l_1, l_2, \dots, l_k)$  が  $(1, 2, \dots, k)$  の置換となるような  $l_1, l_2, \dots, l_k$  についての和を表す。

#### CASE II

$P_c^I$  はそれぞれの領域  $B_i$  ( $i = 1 \sim 7$ ) において濃度が  $M_1$  未満、 $M_1$  に等しい、 $M_1$  を越すが  $M_2$  未満、 $M_2$  に等しい、 $M_2$  を越す値となる個数を表 1 (b) のように設定した時の確率密度を、

$$\begin{aligned} q_1+r_1+s_1+t_1+u_1 &= k_1 \quad (l=1 \sim 7) \\ r_2=r_3=r_4=0 \quad r_1+r_5+r_6+r_7 &= 1 \\ t_1=t_2=t_3=t_5=t_6=0 \quad t_4+t_7 &= 1 \\ q_1+q_5+q_6+q_7 &= n \\ u_2+u_4+u_6+u_7 &= n \\ u_3+u_4+u_5+u_7 &= n \end{aligned} \quad (6)$$

を満足する負でない整数  $q_1 \sim q_7$ 、 $r_1 \sim r_7$ 、 $s_1 \sim s_7$  についての和をとることによって求まる。

$$P_c^{II(1)}(\mu_1, \mu_2; Q_1, Q_2, Q_3, n) \\ = \sum^I \left[ \prod_{m=1}^7 \left\{ \sum_{(l, k_a)} \prod_{a=1}^{q_a} F^-(\mu_1 - \phi_{l_a}^a) \prod_{b=q_a+1}^{q_a+r_a} P(\mu_1 - \phi_{l_b}^b) \right\} \right. \\ \left. \times \prod_{c=q_a+r_a+1}^{q_a+r_a+s_a} \{ F^-(\mu_2 - \phi_{l_c}^c) - F^-(\mu_1 - \phi_{l_c}^c) \} \prod_{d=q_a+r_a+s_a+1}^{q_a+r_a+s_a+t_a} P(\mu_2 - \phi_{l_d}^d) \right]$$

$$\times \prod_{e=q_a+r_a+s_a+t_a+1}^{q_a+r_a+s_a+t_a+u_a} F^-(\mu_2 - \phi_{l_e}^e) \quad (7)$$

ここで  $\sum^I$  は式 (6) を満足する負でない整数  $q_1 \sim q_7$ 、 $r_1 \sim r_7$ 、 $s_1 \sim s_7$  についての和を表す。

#### CASE III

$P_c^{II}$  はそれぞれの領域  $B_i$  ( $i = 1 \sim 7$ ) において濃度が  $M_1$  未満、 $M_1$  に等しい、 $M_1$  を越すが  $M_2$  未満、 $M_2$  に等しい、 $M_2$  を越すが  $M_3$  未満、 $M_3$  に等しい、 $M_3$  を越す値となる個数を表 1 (c) のように設定した時の確率密度を、

$$\begin{aligned} q_1+r_1+s_1+t_1+u_1+v_1+w_1 &= k_1 \quad (l=1 \sim 7) \\ r_2=r_3=r_4=0 \quad r_1+r_5+r_6+r_7 &= 1 \\ t_1=t_3=t_5=0 \quad t_1+t_4+t_6+t_7 &= 1 \\ u_1=u_2=u_6=0 \quad u_3+u_4+u_5+u_7 &= 1 \\ q_1+q_5+q_6+q_7 &= n \\ q_2+q_4+q_6+q_7+r_2+r_4+r_6+r_7+s_2+s_4+s_6+s_7 &= n \\ u_3+u_4+u_5+u_7 &= n \end{aligned} \quad (8)$$

を満足する負でない整数  $q_1 \sim q_7$ 、 $r_1 \sim r_7$ 、 $s_1 \sim s_7$  についての和をとることによって求まる。

$$P_c^{III}(\mu_1, \mu_2, \mu_3; Q_1, Q_2, Q_3, n) \\ = \sum^I \left[ \prod_{m=1}^7 \left\{ \sum_{(l, k_a)} \prod_{a=1}^{q_a} F^-(\mu_1 - \phi_{l_a}^a) \prod_{b=q_a+1}^{q_a+r_a} P(\mu_1 - \phi_{l_b}^b) \right\} \right. \\ \left. \times \prod_{c=q_a+r_a+1}^{q_a+r_a+s_a} \{ F^-(\mu_2 - \phi_{l_c}^c) - F^-(\mu_1 - \phi_{l_c}^c) \} \prod_{d=q_a+r_a+s_a+1}^{q_a+r_a+s_a+t_a} \{ F^-(\mu_2 - \phi_{l_d}^d) - F^-(\mu_1 - \phi_{l_d}^d) \} \right. \\ \left. \times \prod_{e=q_a+r_a+s_a+t_a+1}^{q_a+r_a+s_a+t_a+u_a} \{ F^-(\mu_3 - \phi_{l_e}^e) - F^-(\mu_2 - \phi_{l_e}^e) \} \right. \\ \left. \times \prod_{f=q_a+r_a+s_a+t_a+u_a+1}^{q_a+r_a+s_a+t_a+u_a+v_a} P(\mu_3 - \phi_{l_f}^f) \prod_{g=q_a+r_a+s_a+t_a+u_a+v_a+1}^{q_a+r_a+s_a+t_a+u_a+v_a+w_a} F^+(\mu_3 - \phi_{l_g}^g) \right] \quad (9)$$

ここで  $\sum^I$  は式 (8) を満足する負でない整数  $q_1 \sim q_7$ 、 $r_1 \sim r_7$ 、 $s_1 \sim s_7$  についての和を表す。

### 3. 2. 2 差分統計量の推定

メディアンフィルタ処理後の画像において、互いに近接する2点の濃度差が $\lambda$ と $\lambda + d$ 間の値をとる確率 $P_d$ は、 $P_c$ を $\mu_2 - \mu_1 = \lambda$ 上で積分することで得られる。すなわち

$$P_d(\lambda; Q_1, Q_2, n) = \iiint_{-\infty}^{\infty} P_c(\mu_1, \mu_2, \mu_3; Q_1, Q_2, Q_3, n) \times \delta(\mu_1 - \mu_2 - \lambda) d\mu_1 d\mu_2 d\mu_3 \quad (10)$$

である。

### 3. 3 有効検出確率 $P_1$ の推定

有効検出確率 $P_1$ はメディアンフィルタ処理後の画像に対して水平または垂直方向に微分フィルタ処理をほどこしたときに、輪郭部分における微分値が閾値以上である確率を計算すれば求まるが、ここでは輪郭部における濃度変化の期待値が図3に示すような形状を持つ場合を考える。有効検出確率 $P_1$ の算出には一般に $m + 1$ 次の統計量が必要であるが、二画素以上離れている二点の微分値が互いに独立に分布するとみなせる時この確率は差分統計量と三次統計量を用いて次式で推定できる。

$$P_1(th; I_e, I_e+m, n) = 1 - P^-(th; I_e, n) \prod_{j=1}^m P^-(th; I_e+j, n) \quad (11)$$

ここで

$$\begin{aligned} P^-(th; I_e, n) &= \int_{-th}^{th} P_d(\lambda; I_e, I_e+1, n) d\lambda \\ P^-(th; I_e, n) &= \int_{-th}^{th} P_{dd}(\lambda_1, \lambda_2; I_e+j+1, I_e+j, I_e+j-1, n) d\lambda_1 d\lambda_2 \\ &/ P^-(th; I_e+j-1, n) \\ P_{dd}(\lambda_1, \lambda_2; Q_1, Q_2, Q_3, n) &= \iiint_{-\infty}^{\infty} P_c(\mu_1, \mu_2, \mu_3; Q_1, Q_2, Q_3, n) \\ &\times \delta(\mu_1 - \mu_2 - \lambda_1) \delta(\mu_2 - \mu_3 - \lambda_2) d\mu_1 d\mu_2 d\mu_3 \quad (12) \end{aligned}$$

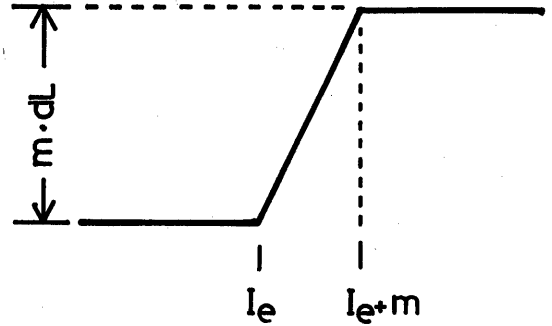


図3 輪郭部の濃度変化

であり、 $P^-$ は二つの画素が $I_e$ と $I_e + 1$ にあるときの濃度差が閾値以下である確率、 $P^-$ は $I_e + j - 1$ と $I_e + j$ の位置にある画素の濃度差が閾値以下である時に $I_e + j$ と $I_e + j + 1$ の位置にある画素の濃度差が閾値以下である条件付き確率を表す。

## 4. パラメータの最適化

### 4. 1 エッジ検出確率

パラメータの最適化は画像を水平または垂直方向に走査し、背景部でエッジを検出せずに輪郭部分でエッジを検出できる確率（エッジ検出確率）をもとに行われる。エッジ検出確率 $P_e$ は次式で求まる。

$$P_e(th; I_e, I_e+m, n) = P_a(th; l, n) P_1(th; I_e, I_e+m, n) \quad (13)$$

図4は濃度勾配が $3\sigma$ である場合に、メディアンフィルタのサイズをパラメータとしたときの閾値に対するエッジ検出確率を示したものである。横軸はエッジ検出時の閾値を表しているが、ここでは標準偏差 $\sigma$ により正規化してある。各曲線はメディアンフィルタのサイズが増大するにつれて左に移動し、かつピークの値が高くなるが、閾値が大きい部分ではメディアンフィルタのサイズの増大にしたがって検出確率が低下する。これは、メディアンフィルタのサイズが大きくなるにつれて背景部での雑音除去特性が強

より有効検出確率  $P_a$  が増加するが、輪郭部分ではエッジのなまりにより逆に有効検出確率  $P_e$  が低下することに起因している。

#### 4. 2 最適パラメータの推定

統合処理により、輪郭生成が可能となる必要十分条件は

$$P_e(th; I_e, I_e+m, n) \geq P_r \quad (14)$$

となる。ここで  $P_r$  は統合係数である。

輪郭抽出における各パラメータはこの条件が満たされる範囲で設定される必要があるが、メディアンフィルタのサイズは処理時間等の点で小さいほうが望ましい。したがって、式 (14) においてメディアンフィルタのサイズ  $n$  の最小値  $n_{opt}$  とそのときの閾値  $th_{opt}$  が最適値となる。

図3における細線と矢印はエッジ検出確率曲線のグラフを用いて最適パラメータを求める方法を示したものである。具体的にはピークの値が統合係数（点線）よりも大きい値をとる曲線のうち、メディアンフィルタのサイズが最小のもの（太線）が最適サイズとなり、この曲線がピークをとるときの閾値が最適閾値となる。

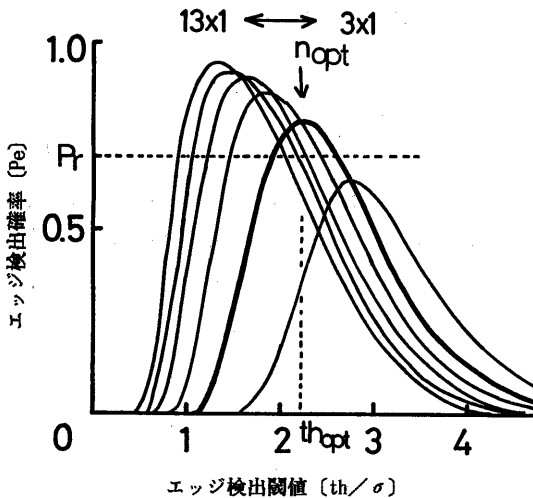


図4 エッジ検出確率曲線による最適化

## 5. 実験

### 5. 1 実験データ

輪郭部分の濃度が図3に示すような形状で輪郭の幅  $m=2$  の画像に、平均  $n=0$ 、標準偏差  $\sigma=3$ 、3の正規白色雑音を重畳した輪郭モデル画像を用いて各種検出確率推定の有効性を検証した。さらに、黒色上質紙置かれた雑誌をテレビカメラにより入力した画像 (512x512x8bit) を用いて輪郭抽出実験を行い本方法によるパラメータ最適化の有効性を検証した。

### 5. 2 差分統計量

図5は輪郭部分における濃度勾配を  $0 \sim 2\sigma$  設定したときのメディアンフィルタ処理後の差分統計量である。ここで、理論曲線は原画像の濃度勾配の期待値と重畳された白色雑音の濃度分布から式 (10) を用いて算出したものであるが、濃度レベルがデジタル化されていることを考慮して理論値を幅1で平均化してある。

図5から輪郭部分における差分統計量は濃度勾配が大きくなるにつれて原点付近のピークの値が小さくなるとともに、曲線が非対称になる傾向がみられる。

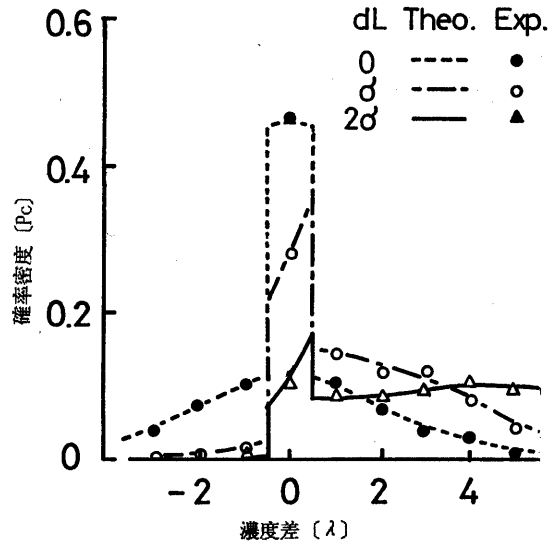


図5 輪郭部の差分統計量

### 5.3 エッジ検出確率

図6は濃度勾配 $dI = 4\sigma$ のモデル画像に対して、メディアンフィルタを $5 \times 1$ に設定したときの閾値に対するエッジ検出確率を示したものである。図6における実線および破線はいずれも理論値であるが、実線は差分統計量と三次統計量を用いて式(11)、(12)により推定したものであり、破線は画像の微分値が画素毎に独立であるという仮定のもとで差分統計量のみを用いて推定したものである。図6において、実験値は三次統計量を導入した理論値とよく一致しており、輪郭部分のエッジ検出確率の推定には差分統計量だけではなく三次統計量の導入が必要であることが分る。

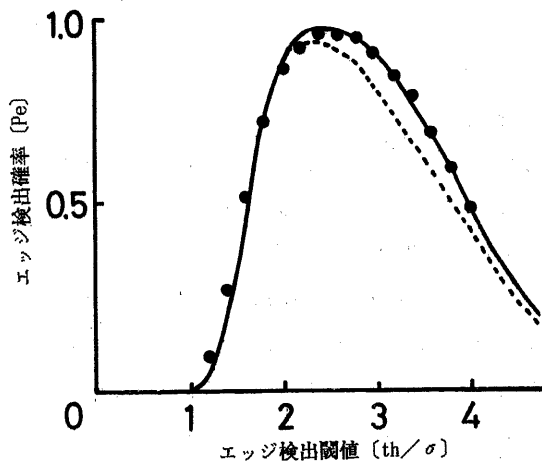


図6 三次統計量の効果

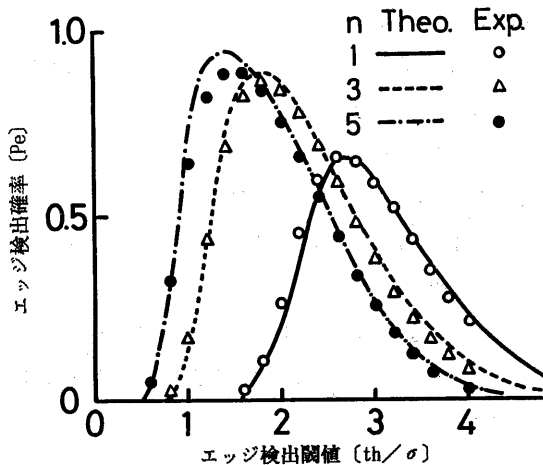


図7 エッジ検出確率

図7は濃度勾配 $dI = 3\sigma$ のモデル画像に対して、メディアンフィルタを $3 \times 1 \sim 13 \times 1$ に設定したときの閾値に対するエッジ検出確率を示したものである。

図8は濃度勾配 $dI = 3\sigma$ のモデル画像に対して、メディアンフィルタとして $3 \times 1$ を用い、エッジ検出確率を $0.2 \sim 0.8$ に設定したときの濃度勾配に対する閾値の関係を示したものである。各点は実験値を示しているが、これらは閾値に対するエッジ検出確率のグラフから線形補間を用いて算出したものである。また、線は式(13)より求めた理論曲線である。

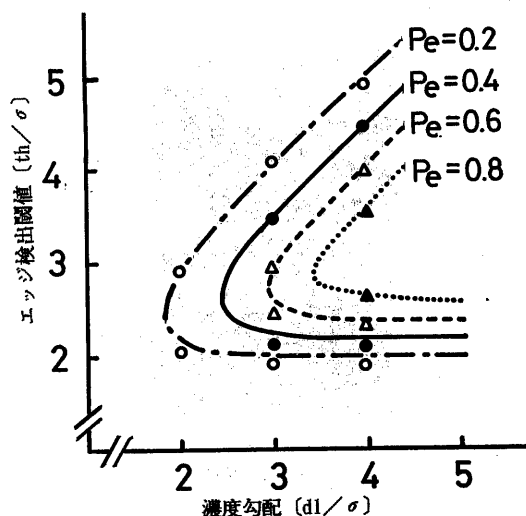


図8 濃度勾配と閾値の関係

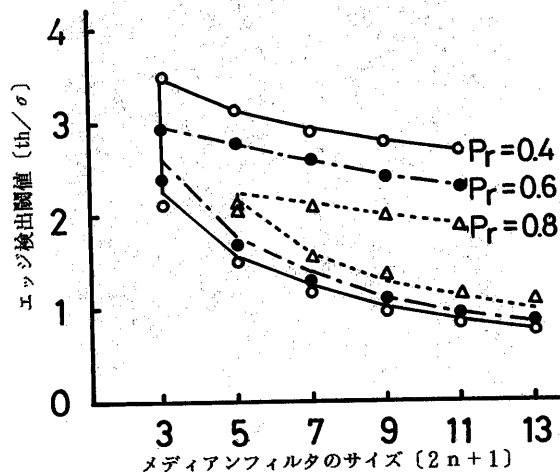


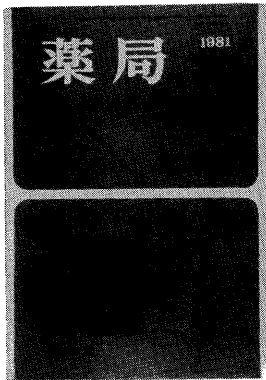
図9 閾値とサイズの関係

#### 5. 4 閾値とサイズの関係

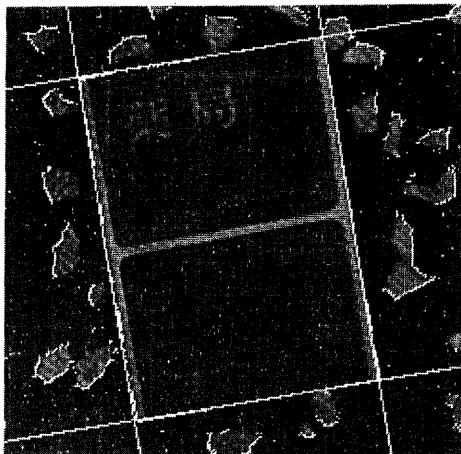
図9は図8と同様の条件において、エッジ検出確率をパラメータとしたときのエッジ検出閾値とメディアンフィルタのサイズの関係を示したものである。実験値は図8と同様にして補間により求めた。

#### 5. 5 輪郭抽出結果

図10は本方法により推定されたパラメータを用いて輪郭を抽出した処理例である。図10(a)は処理対象を示し、図10(b)は処理結果を示す。なお、統合係数は実測値0.6を用いた。



(a) 処理対象



(b) 処理結果

図10 処理例

#### 7. むすび

本稿では原画像における背景部の濃度分布と輪郭部分での濃度変化の期待値から、輪郭部分における差分統計量と三次統計量を推定する理論式を導出した。次に、この理論式を用いて、エッジ検出確率を算出し、これと統合係数との関係からメディアンフィルタのサイズとエッジ検出時の閾値の最適な組合せを決定する方法を提案した。

また、実験により、各種統計量を推定する理論式の正当性を検証するとともに、最適パラメータの推定に本方法が有効であることを確認した。

#### 謝辞

日頃御指導いただく棚橋部長、吉田室長に深謝する。

#### 参考文献

- 1) T. W. Tukey, "Nonlinear ( nonsuperposable ) methods for smoothing data", in Conf. Rec., 1974 EASCON, p. 673.
- 2) B. R. Frieden, "A new restoring algorithm for the preferential enhancement of edge gradients", J. Opt. Soc. Amer., vol. 66, pp. 280-283, 1976.
- 3) B. I. Justusson, "Median filtering: statical Properties", Topics in Applied Physics, vol. 43, pp. 161-196, 1981.
- 4) 鳥生, 後藤, 山本, "Median Filter による前処理効果の解析", 昭和58年電子通信学会情報・システム部門全国大会, 1-117 (1983).
- 5) 鳥生, 後藤, 山本, "画像処理におけるメディアンフィルタ特性の解析", 情報処理学会, コンピュータ研究会, 26-4 (1983).
- 6) 後藤, 鳥生, 山本, "Median Filter の特性解析に基づく輪郭抽出", 昭和58年電子通信学会情報・システム部門全国大会, 1-118 (1983).