

## 局所最大値・最小値フィルタを用いた専用装置向き ぼけ除去手順について†

折田 三弥彦\*\* 鳥脇 純一郎\*\*\*  
北村 忠明\*\* 高藤 政雄\*\*

本論文では、一般的な画像処理専用装置で高速に実行できる濃淡画像のぼけ除去手法を提案する。画像のぼけを除去する手法としては edge preserving smoothing が一般に知られているが、局所領域内の濃度分散を繰り返し求める必要があり、処理性能に難点があった。本ぼけ除去手法は、最大値フィルタおよび最小値フィルタによる平滑化を組み合わせ、「明」から「暗」(または、暗から明)へとなだらかに傾斜する輪郭付近の濃度分布を、明と暗のちょうど中央を境にして、一方が明、他方が暗となるようなステップ状の濃度分布に成型するもので、いわゆる図形融合または morphologic operation の系統に属する。実験評価によると、きわめてぼけた画像も本手法によって鮮明化し、輪郭が安定して抽出できるようになり、しかも、ぼけた画像を対象とする従来の Range フィルタやモルフォロジックエッジ検出の手法を用いるよりも良好な結果が得られることが明らかとなった。

### 1. はじめに

複雑な濃淡画像のパターン認識の重要性が高まりつつあり、それは、航空、衛星写真、医用画像、工業用画像など多種の対象に広がっている。この結果、濃淡画像のパターン認識の手法も多岐に渡って開発され<sup>1)</sup>、最近では、そのような手法を高速に実行するための専用装置、チップも普及し始めた<sup>6)</sup>。しかし、これまで開発されてきた有効な手法すべてがそのような専用装置で高速に実行できるわけではなく、高速性が強く要求される工業部門ではこのことが画像処理の応用展開のあい路の一つとなっている。したがって、このような部門では、これまで開発されてきた有効な手法と等価な機能を持ち、しかも画像処理専用装置で高速実行できる(あるいは、ハードウェア化の容易な)新しい手法を開発するということが重要課題の一つとして挙げられる。

ところで、高速処理が困難なものの一つとして、画像の“ぼけ”の除去が挙げられる。画像のぼけは、カメラの焦点の狂いだけでなく、ノイズ除去などの画像処理の副作用としても発生し、濃淡画像のパターン認

識に悪影響を及ぼしてきた。

輪郭情報を損なわずにぼけを除去する手法としては、文献 2) で提案されたエッジ保存型平滑化 (edge preserving smoothing) が有効と考えられるが、局所領域の濃度分散を繰り返し求める必要があり、処理時間を要する、ハードウェア化が困難である、という問題がある。そこでここでは、例えば、文献 10) で示すような一般的な画像処理専用装置で高速に実行できる濃淡画像のぼけ除去手法を提案する。

ここで提案するぼけ除去手法は、最大値フィルタおよび最小値フィルタによる平滑化を組み合わせ、濃淡画像の濃度分布の 3次元形態を目的のものに成型しようとするもので、いわゆる濃淡図形融合<sup>3)</sup>、または grayscale morphologic operation<sup>4), 5)</sup> の系統に属するものであり、この分野における従来の研究成果によるところが大きい。しかし、いずれの研究においても、ぼけの除去、すなわち、「明」から「暗」(または、暗から明)へとなだらかに傾斜する輪郭付近の濃度分布を、明と暗のちょうど中央を境にして、一方が明、他方が暗となるようなステップ状の濃度分布に成型するという考え方とそのための処理については触れていない。

文献 3) は濃淡画像の局所最大値、最小値フィルタ (local maximum, minimum filter 以下、MAXF, MINF と書く)、図形融合などを初めて代数的手法で定式化し、基礎的性質を組織的に調べたものであり、文献 4), 5) は類似の処理を morphologic operation と呼んで詳しい解析と代表的応用例を与えている。

† A Deblur Operation Using Local Maximum-Minimum Filtering Suitable for Special Purpose Hardware by MIYAHIKO ORITA (Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.), JUN-ICHIRO TORIWAKI (Department of Information Engineering, Faculty of Engineering, Nagoya University), TADAOKI KITAMURA and MASAO TAKATOO (Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.).

\*\* (株)日立製作所日立研究所

\*\*\* 名古屋大学工学部情報工学科

これらは理論的考察と共に、主として MAXF, MINF の平滑化機能を扱っているが、これらの組み合わせによっては差分型の機能を持たせてエッジ検出に利用できる。これを最初に組織的に検討したのは文献 8) の Range フィルタで、MAXF と MINF の処理結果の差を出力する。上記 morphologic operation に関連しては、文献 5) で最大値フィルタおよび最小値フィルタを用いた種々の輪郭強調手法が提案されている。しかし、これらはいずれも直接にエッジの位置を検出しようとするものである。

これに対して本論文では、まず、通常の平滑化処理でぼけたエッジをステップ状に近づけるという意味で輪郭のぼけ除去（または濃度値変化の状態の成型）機能を持つフィルタを提案する。次に、この手法が、一般的な画像処理装置で高速処理が可能な基本機能の組み合わせで容易に実現できることを示す。そして、最後に、本手法を組み込んだ輪郭抽出手順の実行結果と、文献 8) および 5) で提案された輪郭強調手法を組み込んだ輪郭抽出手順の実行結果などを比較、考察して本手法の有効性を評価する。

## 2. ぼけ除去

### 2.1 ぼけ除去の定義

ここで提案する輪郭のぼけ除去は、適当な大きさの局所領域における入力画像の濃度の最大値と最小値のうち、いずれか近いほうの濃度（ただし、両距離に差がなければ、処理前の濃度）を出力画像の新しい濃度

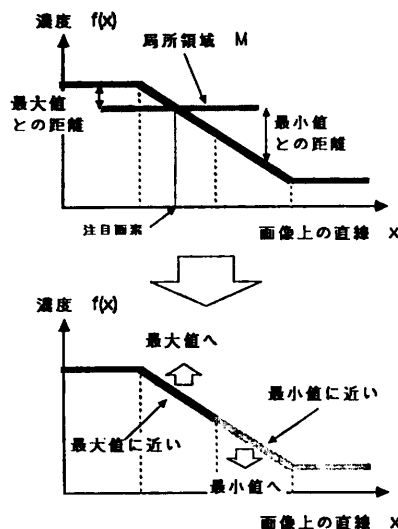


図 1 ぼけ除去の直感的な説明  
Fig. 1 Intuitive explanation of the proposed deblur operation.

として割り当てるという処理である。図 1 で、簡単のために 1 次元の濃度断面を用いてこれを直感的に説明しておく。

すなわち、入力画像  $f(x, y)$  の各画素  $(x, y)$  を中心とした適当な大きさ  $m \times m$  の局所領域  $M$  を考え、局所領域  $M$  内の入力濃度値に基づいて評価関数  $f_{ev}(x, y)$  を次式で定義する。

$$f_{ev}(x, y) = [\max_M \{f(x, y)\} - f(x, y)] - [\min_M \{f(x, y)\} - f(x, y)] \quad (1)$$

次に (1) 式を用いて以下のような規則に従って新しい出力画像  $g(x, y)$  を得る。

$$g(x, y) = \begin{cases} \max_M \{f(x, y)\}, & f_{ev}(x, y) < 0 \text{ のとき} \\ f(x, y), & f_{ev}(x, y) = 0 \text{ のとき} \\ \min_M \{f(x, y)\}, & f_{ev}(x, y) > 0 \text{ のとき} \end{cases} \quad (2)$$

### 2.2 ぼけ除去の性質

簡単のため、やはり 1 次元の入力を例にとる。例え

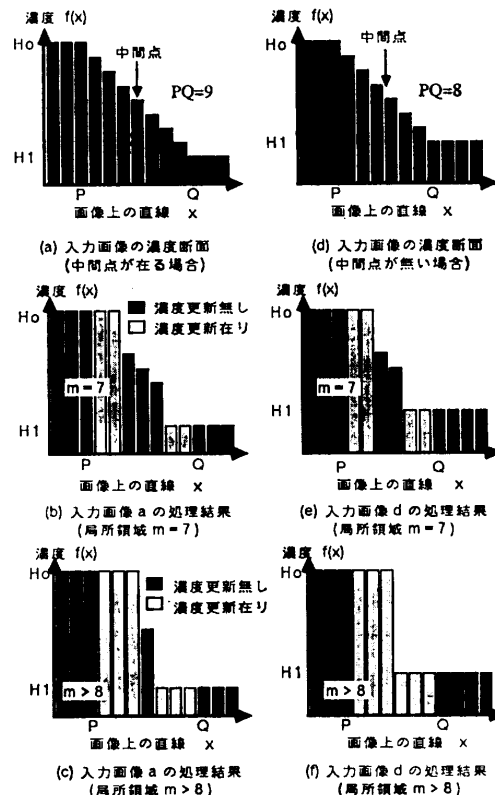


図 2 局所領域の大きさと処理結果の関係  
Fig. 2 Relationship between the size of local area and the output of the proposed deblur operation.

ば、図 2(a), (d)に示すように、画像上のある直線  $x$  沿っての濃度変化  $f(x)$  が、直線  $x$  上の点  $P$  および点  $Q$  を境にして次式のような値を示すものとする。

$$f(x) = \begin{cases} H_0 & , P \geq x \text{ のとき} \\ -(H_0 - H_1)(x - P) / |P - Q| + H_0 & , P < x < Q \text{ のとき} \\ H_1 & , x \geq Q \text{ のとき} \end{cases} \quad (3)$$

この濃度断面  $f(x)$  は、ぼけた輪郭の濃度断面をモデル化したものである。これに対して、1次元局所領域の大きさ  $m$  を適当にとった場合の(2)式の処理結果を図 2(b)(c)(e)(f)に示す。

局所領域の大きさ  $m$  があまり大きくない場合、すなわち濃度値推移部の幅 (図 2では  $PQ$  間の画素数) 未満の場合は図 2(b)(e)のように、濃度の滑らかに傾斜する部分が残ってしまうが、 $m$  がある程度以上の場合、すなわち濃度値推移部の幅以上の場合には図 2(c)(f)のように、ステップ状の濃度分布に成型される。ただし、点  $P$  および  $Q$  間の画素数が偶数の場合は図 2(d)のように  $PQ$  間の中点に画素が存在しないので、 $m$  を大きくしたときのぼけ除去結果の輪郭は完全に1段のステップとなるが、 $PQ$  間の画素数が奇数の場合は  $PQ$  間の中点に画素が存在するため、その中点だけが処理前の濃度を保持し、ぼけ除去結果の輪郭は2段のステップとなる。

ところで、局所領域の大きさ  $m$  の決定は現在のところ試行錯誤に頼る以外にないが、文献 9) で提案された図形提示方式を用いれば、自動決定することも可能であろう。例えば、 $m$  を徐々に大きくしていく過程で、提示された線図形付近のエッジの強さを輪郭強調などを用いて測定し、これが平衡状態に達したときの  $m$  を採用するというような方法が考えられる。局所領域の大きさ  $m$  の自動決定に関してはここでは触れないが、適用に当たってのマンマシンインタフェースを向上させるという点で重要な課題と考えられる。

### 2.3 基本的な画像処理機能による実現

2.1 節で述べたぼけ除去手法は基本的な画像処理機能だけで実現できる。なお、以下で使用する記号の意味を次のように定義しておく (ここで使用する記号名およびその意味は、文献 1), 3) にほぼ準ずる)。

$\mu N$ : 入力画像  $f(x, y)$  に対して、大きさ  $3 \times 3$  の局所領域による最大値フィルタを  $N$  回実行する処理。

$\phi N$ : 入力画像  $f(x, y)$  に対して、大きさ  $3 \times 3$  の局所領域による最小値フィルタを  $N$  回実行する処理。

$U0[C_2]$ : 濃淡画像  $f(x, y)$  に対するしきい値  $C_2$  による2値化。ただし、濃度  $f$  が  $f \geq C_2$  を満たす画素の値を1、その他を0にする。

$U1[C_1]$ : 濃淡画像  $f(x, y)$  に対するしきい値  $C_1$  による2値化。ただし、濃度  $f$  が  $C_1 \geq f$  を満たす画素の値を1、その他を0にする。

$F+G$ : 画像  $F$  と画像  $G$  間の和 (各画素ごとに和をとる)。

$F * G$ : 画像  $F$  と画像  $G$  間の積 (各画素ごとに積をとる)。

$\bar{F}$ : 2値画像  $F$  の1と0の反転。

まず、 $\mu N$  および  $\phi N$  が、大きさ  $(2N+1) \times (2N+1)$  の局所領域における濃度の最大値および最小値を求めることに等しいので、これを(1)式に適用し、さらにそれを整理して次式を得る。

$$f_{ev}(x, y) = \mu N(f(x, y)) - 2f(x, y) + \phi N(f(x, y)) \quad (4)$$

次に、(2)式を考慮すれば、

$$g(x, y) = g_1(x, y) + g_2(x, y) + g_3(x, y) \quad (5)$$

ただし、

$$g_1(x, y) = U0[0](f_{ev}(x, y)) * \mu N(f(x, y))$$

$$g_2(x, y) = U0[0](f_{ev}(x, y))$$

$$* U1[0](f_{ev}(x, y)) * f(x, y)$$

$$g_3(x, y) = U1[0](f_{ev}(x, y)) * \phi N(f(x, y))$$

すなわち、ぼけ除去は  $3 \times 3$  近傍領域における MAXF, MINF, 2値化および、画像間2項演算で実現できる (例えば、文献 10) で紹介されている装置を用いると、 $256 \times 256$  の画像に対して百数十〜数百ミリ秒で処理可能である)。

## 3. ぼけ除去の評価

### 3.1 輪郭抽出における効果

図 3~図 7 に本手法を組み込んだ輪郭抽出手順の実行過程の概要をそれぞれ示す。

まず、図 3(a)に示すように、実験サンプルとしてアルファベット (このうち、「O」が対象であるものとする) が印刷されたシートを用い、これを工業用テレビカメラで画像処理専用装置<sup>10)</sup>に入力した。なお、本実験では、濃淡の階調は 256、解像度は  $256 \times 256$  とした。また、図 3(b)は、図中に示す白い水平線上の濃度断面を表すものである。

次に、ぼけた画像を作成するために、図 3(a)の入力画像を意図的に平滑化して図 4(a)に示す画像を得た。ここで、図 4(b)もやはり白線で示された水平線

上の濃度断面であり、図3(b)と比較して輪郭がきわめてぼけていることがわかる。なお、図4は、マスクサイズが $3 \times 3$ 、重みが一律な局所平均による平滑化を40回実行して得られたものである。

そこで、上記ぼけ画像に対して本手法を実行した結果、図5に示すような画像が得られた。本図(a)と図4(a)とを比較するとわかるように、ぼけていた対象の輪郭がきわめて鮮明になっており、しかもその形状は図3(a)で確認できるものと大きな違いはない。すなわち、図4(b)において「明」から「暗」(または、暗から明)へとなだらかに傾斜していた輪郭付近の濃度分布が、図5(b)に示すように、明と暗のちょうど中央を境にして、一方が明、他方が暗となるようなステップ状の濃度分布に成型されている。

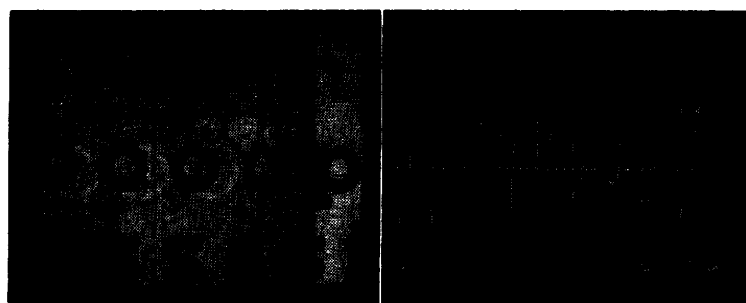
なお、ここでの最大値フィルタおよび最小値フィルタの実行回数、すなわち2.3節で述べた $\mu N$ および $\phi N$ の $N$ は10であり、これは $21 \times 21$ の局所領域による最大値、最小値フィルタの実行結果に等しい。

図6(a)および図6(b)は、それぞれ図5で得られた画像の輪郭強調結果およびその濃度断面である。これにより、ぼけを除去した効果として、輪郭の強さがスパイク状となり、輪郭点を抽出するための2値化のしきい値が容易に決定できることがわかる。なお、ここで使用した輪郭強調は、8近傍との濃度差の最大値をその画素の輪郭の強さとする、というものであり、輪郭の強さ $Edge(x, y)$ は次式で与えられる。

$$Edge(x, y) = \max_{i, j} \{ |f(x, y) - f(x-i, y-j)| \} \quad (6)$$

ただし、 $i, j = \{1, 0, -1\}$

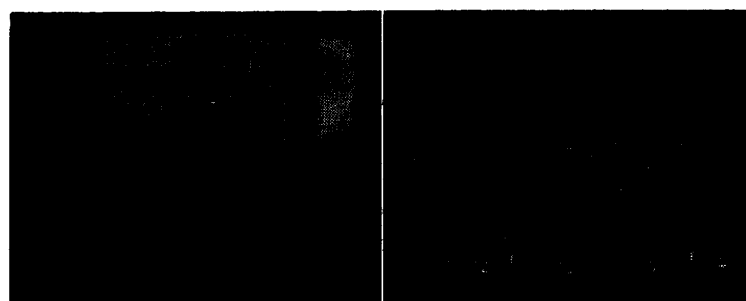
以下、図6から輪郭に相当する画素だけを2値化によって取り出して図7



(a) 2次元イメージ (b) 水平線上の濃度断面

図3 ITVカメラからの入力画像

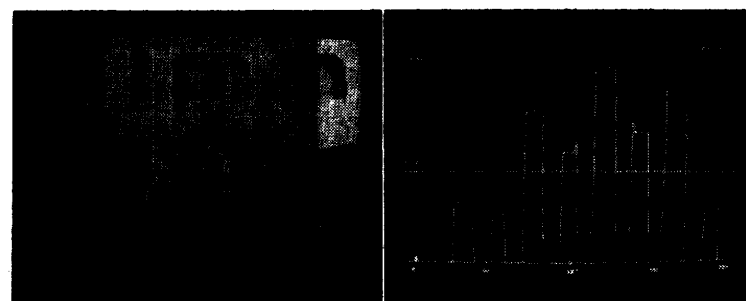
Fig. 3 Input image through an industrial television camera.



(a) 2次元イメージ (b) 水平線上の濃度断面

図4 平滑化によるぼけ画像

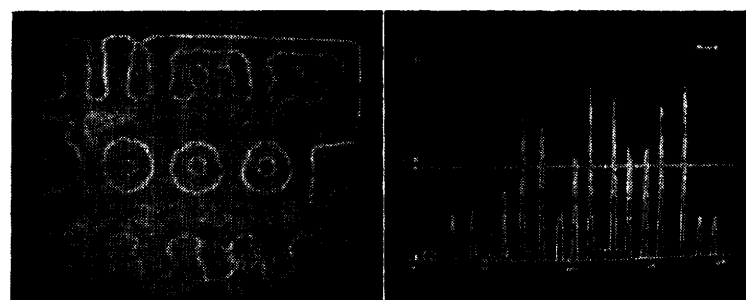
Fig. 4 Blurred image obtained by smoothing.



(a) 2次元イメージ (b) 水平線上の濃度断面

図5 ぼけ除去の結果

Fig. 5 Restored image obtained by the proposed deblur operation.



(a) 2次元イメージ (b) 水平線上の濃度断面

図6 輪郭強調の結果

Fig. 6 Edge image obtained by a conventional  $3 \times 3$  edge operator.

(a)を得た後、これに細線化を施して最終結果である図7(b)を得た。最終結果を観察するとわかるように、図4(a)の画像中の対象の輪郭線が良好に抽出されている。

なお、ぼけ除去を施さずに図4に示す画像に直接上記(6)式で示す輪郭強調を施しても、その結果は単なるランダムな雑音としかみなされない状態であり、輪郭線の抽出は不可能であった。

### 3.2 従来手法との比較

本論文で目的とする輪郭のぼけ除去は、輪郭の抽出、あるいは領域の分割を安定化させるためのものである。そこで、ここでは従来の類似の手法である Range フィルタ、または morphologic operation による輪郭強調手法との機能比較を試みる。

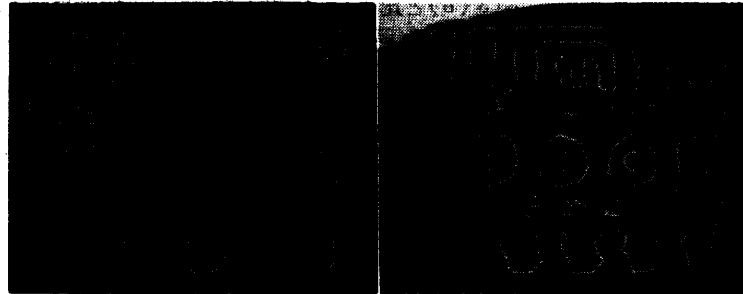
#### (1) Range フィルタとの比較

MINF と MAXF を組み合わせた輪郭強調の代表的なものとして、文献8)の、いわゆる Range フィルタがある。これは、MINF と MAXF の差を出力するものであり、輪郭の強さ  $Edge(x, y)$  は次式のように定義される。

$$\begin{aligned} Edge(x, y) &= \max_M \{f(x, y)\} - \min_M \{f(x, y)\} \\ & \quad (7) \end{aligned}$$

図8から図9に Range フィルタによる輪郭抽出過程を示す。図8は Range フィルタの結果、図9はその2値化および細線化の結果である。なお、入力画像は本手法の評価に用いた

図4の平滑化画像を用いた。また、MINF と MAXF の処理回数  $N$  は4であり、これは目視で評価した最適値である。図8(a)を観察するとわかるように、対象の輪郭付近が比較的良好に強調されている(通常の輪郭強調を用いると、背景も輪郭付近も同様な濃度パターンとなる)。しかし、図8(b)の濃度断面によると、本例では輪郭成分だけでなく低周波成分も同時に強調されており、輪郭点を抽出するためのしきい値の決定が難しい。また、輪郭の強さのピークも本手法に

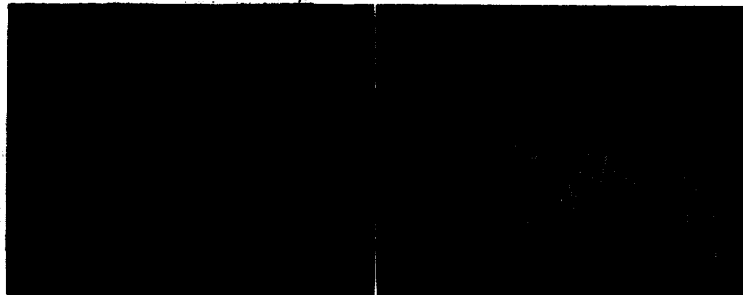


(a) 輪郭点の2値化結果

(b) 細線化結果

図7 2値化と細線化による輪郭線の抽出(今回の最終結果)

Fig. 7 Extraction of contours by binarization and thinning (Result using the proposed method).

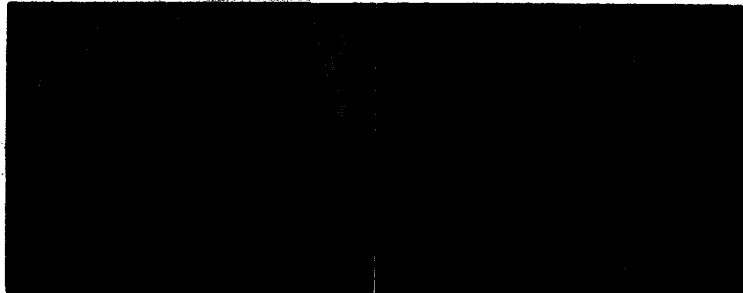


(a) 2次元イメージ

(b) 水平線上の濃度断面

図8 Range フィルタによる輪郭強調結果

Fig. 8 Edge image obtained by range filtering.



(a) 輪郭点の2値化結果

(b) 細線化結果

図9 2値化と細線化による輪郭線の抽出(Range フィルタによる最終結果)

Fig. 9 Extraction of contours by binarization and thinning (Result by range filtering).

よる図6(b)に比較してなだらかである。このため、図9で示すように、固定しきい値による2値化をいかに工夫しても不要な結合や途切れが生じて良好な輪郭線が得られなかった。

なお、低周波成分は、例えば文献7)で行っているように、高周波成分を除去した背景画像を生成した後、その画像を元の画像から減算するという方法(いわゆるアンキーピングマスクング<sup>11)</sup>)を用いれば除去できるが、それだけ処理が複雑になる。また、たとえ

低周波成分を除去しても、なだらかなピークの2値化には困難が伴う。したがって、本論文で提案するぼけ除去手法を実行した後、通常の輪郭抽出を施すようにしたほうが有利である。

ところで、Range フィルタには(8)式における  $M$  の大きさ、すなわち  $m$  の決定に手間を要するという面がある。本ぼけ除去手法の場合、前述のように  $m$  は適当な値以上であれば機能するが、Range フィルタの場合には、例えば、 $m$  が大きすぎると輪郭が必要以上に膨張して、隣接するパターンと一体になってしまい、対象個々の輪郭が抽出できなくなる。次に述べるモルフォロジックエッジ検出の手法<sup>5)</sup>は、この問題の解決を試みたものとして位置付けられるであろう。

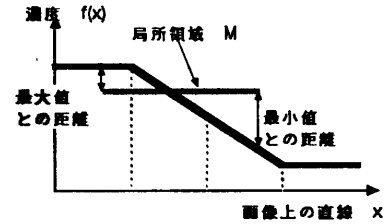
(2) モルフォロジックエッジ検出の手法との比較  
モルフォロジックエッジ検出は、ぼけた画像を対象として、適当な大きさの局所領域における最大値と処理前の濃度との差と、上記局所領域における最小値と処理前の濃度との差のうち、いずれか小さいほうを輪郭の強さとして割り当てるというものである<sup>5)</sup>。すなわち、次式によって輪郭の強さ  $Edge(x, y)$  を定義しているものである。

$$Edge(x, y) = \min \left\{ \begin{array}{l} \max_M \{f(x, y) - f(x, y)\} \\ \min_M \{f(x, y) - f(x, y)\} \end{array} \right\} \quad (8)$$

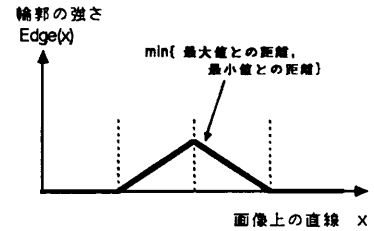
ただし、 $f(x, y)$  は輪郭がぼけた画像  
直感的には、図 10 (a) および (b) で示すように、 $M$  のサイズ  $m$  がある程度大きい場合、 $m$  に関係なく常にぼけた輪郭の中央で輪郭の強さが最大となり、かつ濃度が平坦な区間では輪郭の強さが0となるような輪郭強調結果を得ようというものである。

図 11 から図 12 にモルフォロジックエッジ検出による輪郭抽出過程を示す。図 11 を観察するとわかるように、この手法もやはり、ぼけが強くなればそれだけ輪郭の強さ  $Edge(x, y)$  のピークがなだらかになり、しきい値処理による抽出が困難になる傾向がある。また、低周波成分も強調してしまうという問題も残している。したがって、図 12 に示す結果は Range フィルタのものとはほとんど変わらない。な

お、モルフォロジックエッジ検出には理想的な階段状の輪郭が強調できないという欠陥がある。

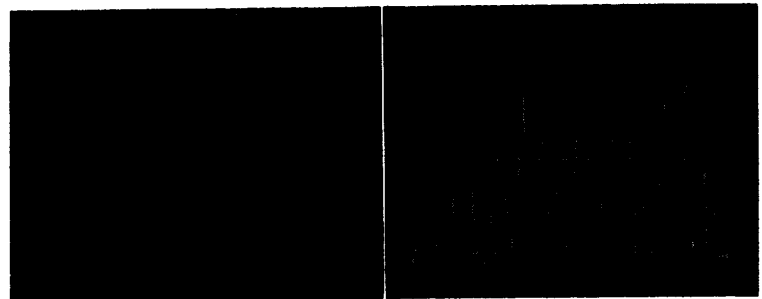


(a) 処理前の濃度断面と局所最大、最小値



(b) 輪郭の強さの断面 Edge(x)

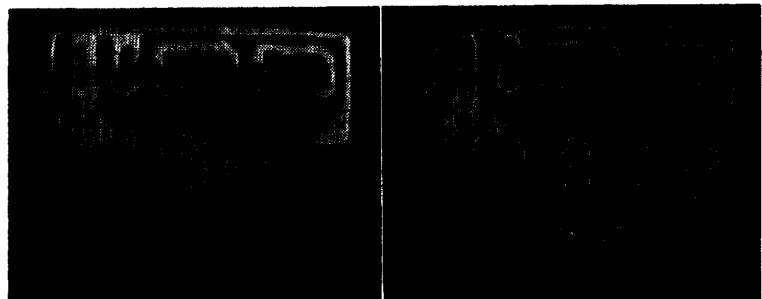
図 10 モルフォロジックエッジ検出  
Fig. 10 Intuitive explanation of morphological edge operator.



(a) 2次元イメージ (b) 水平線上の濃度断面

図 11 モルフォロジックエッジ検出の結果

Fig. 11 Edge image obtained by morphological edge operator.



(a) 輪郭点の2値化結果 (b) 細線化結果

図 12 2値化と細線化による輪郭線の抽出 (モルフォロジックエッジ検出による最終結果)

Fig. 12 Extraction of contours by binarization and thinning (Result by morphological edge operator).

### 3.3 雑音による影響

画像のぼけには、これまでの実験で扱ってきた平滑化画像のように、濃度がなだらかに変化して生じるものほかに、細かい雑音加わることによっても生じるものがある。また、実際の応用の場では、常に雑音加わること考慮しておく必要がある。そこで、ここでは本手法の雑音による影響を考察してみる。

図 13 (a) に雑音を含んだ画像を示す。本画像は、特別な模様や意味を持たない画像（ここでは、適当に汚れた撮影台面の画像）のラプラシアンの結果と、図 3 の ITV 入力画像との線形結合で作成したものである。この雑音画像の作成手法には、乱数などを用いて作成する方法と比較して、①一般に使用できる画像処理演算で容易に実現できる、②線形結合の係数で雑音の強度が自由に設定できる、③比較的現実的な画像が得られる、というような利点があり、今回、特に採用してみたものである。なお、図 13 (b) の濃度断面を観察すると、細かい周期で濃度が激しく変動しており、雑音の影響を考察するに十分な画像であることがわかる。

一方、図 14 は図 13 の画像に直接、本ぼけ除去を適用した結果である。これによると、“ぼけ”は全く除去されず、逆に雑音の強弱をより一層強調したような画像に変換されたことがわかる。すなわち、中間の濃度値を持つ画素が、付近に散在する極端に明るい雑音か、または極端に暗い雑音に移行したものである。したがって、ランダムな雑音を含む画像にぼけ除去を適用するのは望ましくない。このような場合は、図 15 のように平滑化によって雑音を除去した後、この雑音除去で生じたエッジのぼけを本文の手法で改めて除去し（図 16）、輪郭を抽出するようにしたほうが良い。なお、ここでの平滑化および MINF・MAXF の回数は、いずれも 10 回である。

なお、ここでは結果を挙げないが、図 13 (a) の雑音画像に Range フィルタを適用すると、全体が一様に明るい

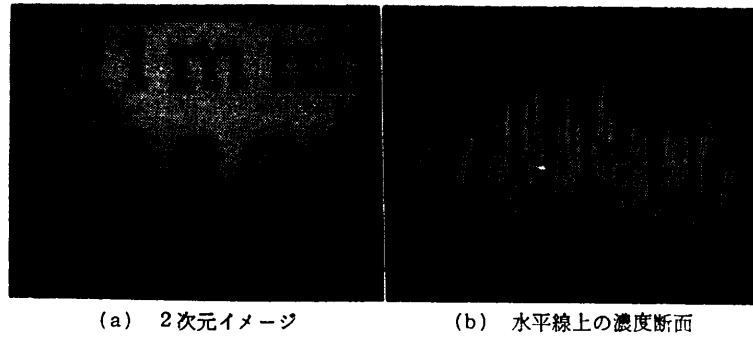


図 13 雑音を含む画像  
Fig. 13 Input image with noise.

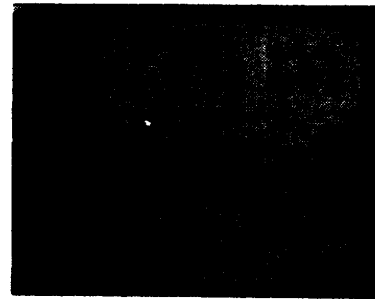


図 14 雑音画像のぼけ除去の結果  
Fig. 14 Output image obtained by the proposed deblur operation from the noisy image.

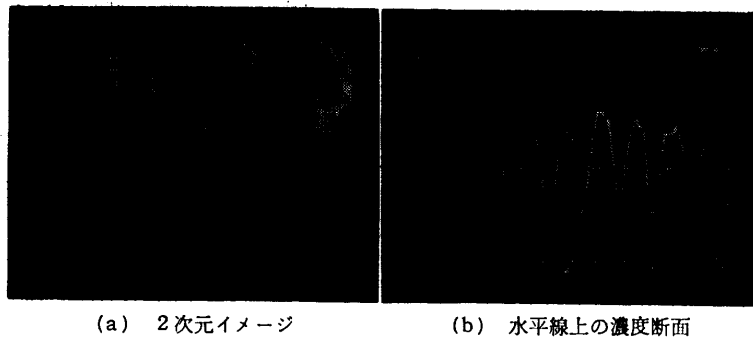


図 15 雑音画像の平滑化結果  
Fig. 15 Output image obtained by smoothing the noisy image.

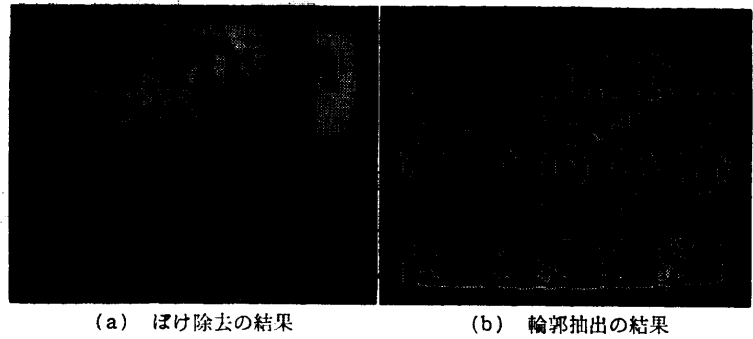


図 16 ぼけ除去の結果と輪郭抽出結果  
Fig. 16 Result of the deblur operation and extraction of contours.

画像となり、一方、モルフォロジックエッジ検出の手法を適用すると、やはり本手法と同じような画像に変換される。ただし、Range フィルタの場合、黒・白2値がランダムに分布する領域と濃度が一様な領域とが接するような画像に対して、前者の領域を一様に明るく、後者の領域を一様に暗く変換できるという機能がある。

#### 4. ま と め

一般的な画像処理専用装置で高速に実行できる濃淡画像のぼけ除去手法を提案し、その有効性を検証した。画像のぼけを除去する手法としてはedge preserving smoothing が一般に知られているが、局所領域内の濃度分散を繰り返して求める必要があり、処理性能に難点があった。本ぼけ除去手法は、最大値フィルタおよび最小値フィルタによる平滑化を組み合わせて、「明」から「暗」（または、暗から明）へとなだらかに傾斜する輪郭付近の濃度分布を、明と暗のちょうど中央を境にして、一方が明、他方が暗となるようなステップ状の濃度分布に成型するもので、いわゆる図形融合または morphologic operation の系統に属する。実験評価によると、きわめてぼけた画像も本手法によって鮮明化し、輪郭が安定して抽出できるようになり、しかも、ぼけた画像を対象とする従来の Range フィルタやモルフォロジックエッジ検出の手法を用いるよりも良好な結果が得られることが明らかとなった。ただし、ランダム雑音を含む画像には直接適用せず、平滑化を介するのが望ましいということを用いて適用に当たっての留意点としてつけ加えておく。

**謝辞** 熱心にご討論頂いた名古屋大学工学部情報工学科の横井茂樹助教授、ならびにパターン認識グループの皆様、そして中京大学教養学部の長谷川純一教授に感謝する。

#### 参 考 文 献

- 1) 鳥脇：画像理解のためのデジタル画像処理 [I] [II], 昭晃堂 (1988).
- 2) Nagao, M. and Matsuyama, T.: Edge Preserving Smoothing, *Comput. Vision Gr. Image Process.*, Vol. 9, pp. 394-407 (1979).
- 3) 横井, 鳥脇, 福村: 濃淡図形処理における図形融合, 距離変換及びスケルトンの諸性質, 電子通信学会論文誌, Vol. J61-D, No. 9, pp. 613-620 (1978).
- 4) Sterhberg, S.R.: Grayscale Morphology, *Comput. Vision Gr. Image Process.*, Vol. 35, pp. 333-355 (1986).

- 5) Lee, J. S. J., Haralick, R. M. and Shapiro, L. G.: Morphologic Edge Detection, *IEEE J. Robotics Automation*, Vol. RA-3, No. 2, pp. 142-156 (1987).
- 6) 川上, 桂: 画像処理用 LSI の動向, 電子通信学会技術研究報告, IE 86-84, pp. 1-8 (1986).
- 7) Skolnik, M. M.: Application of Morphological Transformations to the Analysis of Two-dimensional Electrophoretic Gels of Biological Materials, *Comput. Vision Gr. Image Process.*, Vol. 35, pp. 306-332 (1986).
- 8) 末永, 鳥脇, 福村: 濃淡図形処理のための Range フィルタとその応用, 電子通信学会論文誌, Vol. J57-D, No. 1, pp. 23-30 (1974).
- 9) 長谷川, 久保田, 鳥脇: サンプル図形提示方式による画像処理エキスパートシステム IMPRESS, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J70-D, No. 11, pp. 2147-2153 (1987).
- 10) 長沢, 加藤: 高速画像認識装置 HIDIC-IP/200, 映像情報, Vol. 20, No. 3, pp. 67-72 (1988).

(平成元年5月8日受付)

(平成2年1月16日採録)



折田三弥彦 (正会員)

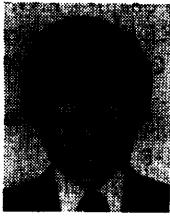
昭和33年生。昭和57年金沢大学大学院修士(機械工学専攻)課程修了。同年(株)日立製作所に入社、以来日立研究所にて画像処理・人工知能の研究開発に従事。電子情報通信学会会員。



鳥脇純一郎 (正会員)

昭和14年7月20日生。37年名古屋大学工学部電子工学科卒業。42年同大学院博士課程修了。同年4月名古屋大学工学部助手。以後、45年同助教授、49年名古屋大学計算機センター助教授、55年豊橋技術科学大学情報工学系教授、58年名古屋大学工学部電子工学科教授を経て、60年4月より同情報工学科教授。工学博士。パターン認識、画像処理、グラフィックス、および、それらの医学情報処理への応用に関する研究に従事。著書「画像理解のためのデジタル画像処理(I)(II)」(昭晃堂)。電子情報通信学会、日本ME学会、医療情報学会、米国IEEE各会員。



**北村 忠明**

昭和 33 年生. 昭和 52 年山口県立徳山工業高等学校機械科卒業. 同年(株)日立製作所日立研究所に入所.

昭和 59 年から画像認識の研究に従事. 電子情報通信学会, 電気学会各

会員.

**高藤 政雄 (正会員)**

昭和 23 年生. 昭和 46 年信州大学工学部電気工学科卒業. 昭和 48 年同大学院工学研究科修士課程修了(電気工学専攻). 同年(株)日立製作所に入社, 以来日立研究所において

計算機制御システム, グラフィックディスプレイシステム, 画像処理システムの研究開発に従事. 現在第 10 部主任研究員. 電子情報通信学会会員.