

I-067

## ファジールールに基づく混合雑音重畳画像からのエッジ抽出法

## An edge detection from mixed noise images by using Fuzzy rule

石井 聡<sup>\*1</sup> 木村誠聡<sup>\*1</sup> 辻 裕之<sup>\*1</sup> 田口 亮<sup>\*2</sup>  
 Satoru Ishii Tomoaki Kimura Yukihiko Tuji Akira Taguti

## あらまし

画像処理の重要な処理一つとして、エッジ抽出処理がある。しかしながら、処理対象画像にガウス性雑音やインパルス性雑音が重畳した場合、一般的なエッジ抽出処理のみではエッジと共に雑音成分も抽出するため、良好な結果は期待できない。本論文では処理点と局所領域の情報をを用い、エッジ情報と雑音情報を取得、これらの情報をファジー推論で関連付けることで、雑音除去とエッジ抽出を同時に行う方法を提案する。提案法は従来法に比べ、細部信号の保存と各雑音の除去が出来ていることを確認した。

## はじめに

画像処理の重要な処理の一つとして、エッジ情報の抽出処理がある。しかしながら、カメラやビデオ等から取得した画像には一般的に撮像素子の熱雑音や伝送経路の影響などでガウス性雑音やインパルス性雑音が重畳する。よって雑音が重畳した画像からエッジ情報を抽出した場合、エッジ情報だけでなく雑音成分も同時に抽出することになる。故にその出力画像は良好であるとは言えない。一般的にこの問題を解決する方法として雑音を除去するフィルタを最初に適用し、その後エッジ抽出を行う。しかしながら、この方法で

は最初に雑音除去を行うため、高周波数成分を失う可能性がありエッジ出力画像は良好であるとは言えない。そこで筆者らは文献[1]においてインパルス性雑音が重畳した画像に対して雑音除去とエッジ抽出を同時に行う方法を提案している。文献[1]では、インパルス性雑音が重畳している点の情報とエッジ情報の2つをファジー推論で関連付けることで雑音の影響のないエッジを抽出している。しかしながら、文献[1]の方法はインパルス性雑音が5%程度しか対応しておらず、ガウス性雑音に対応していない。そこで、インパルス性雑音とガウス性雑音が重畳した画像に対し、良好なエッジ出力が得られる方法が望まれる。

本論文では、文献[1]と同程度である固定値インパルス性雑音3%、ガウス性雑音分散100程度画像を対象に、雑音除去とエッジ抽出を同時に行う方法を提案する。提案する方法は微分フィルタを基本とし、そして用いるオペレーターと局所領域内の雑音情報とエッジ情報をファジー推論で関連付け、最終的に雑音の影響を除いたエッジを求めるものである。本論文では文献[1]と比較し、提案法がエッジ抽出の精度を落とすことなく混合雑音の除去が出来ていることを明らかにする。

## 2. ファジー推論を用いた微分オペレーターによるエッジ抽出法

## 2.1 インパルス性雑音の除去とエッジ情報

提案法は微分フィルタを基本とした方法であり、図1に示す3×3の局所領域内における処理点Pと隣接画素X、Yを用いてエッジ抽出を行う。しかしながら、処理点P、X、Yにインパルス性雑音が重畳した場合、インパルス性雑音も抽出され

\*1 神奈川工科大学大学院情報工学専攻 Graduate School of Engineering, Kanagawa Institute of Technology

\*2 東京都市大学工学部 Faculty of Engineering Tokyo City University

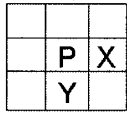


図1 エッジ抽出に用いる点

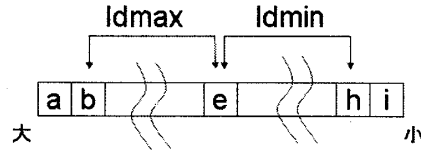


図2 エッジ情報とインパルス検知器

てしまう問題がある。そこで文献[1]で明らかかなように、固定値インパルス性雑音は局所領域を並び替えた場合の最大値、最小値に固まるため、図2のように降順に局所領域を並び替える。最終的には式(1)によって局所領域内のエッジ情報の取得とインパルス除去が可能となる。

$$\begin{aligned} Id_{max} &= D(a-m) - Med(l()) \\ Id_{min} &= med(l()) - D(i-n) \end{aligned} \quad (1)$$

ここで式(1)の  $D()$  は  $3 \times 3$  の局所領域内の並び替えた時の画素の順番を示し、 $Med()$  はメジアン処理を表す。また  $a \sim i$  は並び替えた順序を示し、この  $m, n$  は任意の数値を示す。この  $m, n$  を与えることで固定値インパルス性雑音の影響を取り除くことが可能となる[2]。結果として式(1)における、 $Id_{max}, Id_{min}$  の値が大きい場合、局所領域内は非平坦部であり、値が小さい場合は平坦部であることが分かる。

### 2.2 微分フィルタ上の点のインパルス性雑音の検知

図1に示す微分フィルタで用いる3点  $P, X, Y$  にインパルス性雑音が重畳しているか否かを式(2)によって判断する。

$$\begin{aligned} P_{max} &= 2 \cdot P - (a+b) & P_{min} &= 2 \cdot P - (h+i) \\ X_{max} &= 2 \cdot X - (a+b) & X_{min} &= 2 \cdot X - (h+i) \\ Y_{max} &= 2 \cdot Y - (a+b) & Y_{min} &= 2 \cdot Y - (h+i) \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、 $a, b, h, i$  は図2における並び替えた画素の順序を示し、 $P, X, Y$  は図1の微分オペレーターを示す。もし、微分オペレーターにインパルス性雑音が重畳していた場合、式(2)のいずれかの値は大きくなる。これによって微分オペレーター上にインパルス性雑音が存在するか否かが判断できる。

### 2.3 ファジー推論による各情報の関連付け

2.1 および 2.2 で得られた各情報を画像毎の細かな状況に対応させ、適切なエッジ情報を得るた

めにファジー推論によって関連付ける[3]。具体的には式(3)のファジールールを与える

$$\begin{aligned} \text{If } Id_{max} \text{ is } S & & \text{then } E_0 &= 0 \\ \text{If } Id_{max} \text{ is } Ma \text{ and } P\text{-max} & \text{ is } S & \text{then } E_1 &= 2e - X - Y \\ \text{If } Id_{max} \text{ is } Mb \text{ and } P\text{-max} & \text{ is } S & \text{then } E_2 &= 2e - X - Y \\ \text{If } Id_{max} \text{ is } Mb \text{ and } L \text{ and } P\text{-max} & \text{ is } S & \text{then } E_3 &= 2P - X - Y \\ \\ \text{If } Id_{max} \text{ is } Ma \text{ and } X\text{-max} & \text{ is } S & \text{then } E_4 &= 2P - e - Y \\ \text{If } Id_{max} \text{ is } Mb \text{ and } X\text{-max} & \text{ is } S & \text{then } E_5 &= 2X - e - Y \\ \text{If } Id_{max} \text{ is } Mb \text{ and } L \text{ and } X\text{-max} & \text{ is } S & \text{then } E_6 &= 2X - e - Y \\ \\ \text{If } Id_{max} \text{ is } Ma \text{ and } Y\text{-max} & \text{ is } S & \text{then } E_7 &= 2e - X - e \\ \text{If } Id_{max} \text{ is } Mb \text{ and } Y\text{-max} & \text{ is } S & \text{then } E_8 &= 2e - X - e \\ \text{If } Id_{max} \text{ is } Mb \text{ and } L \text{ and } Y\text{-max} & \text{ is } S & \text{then } E_9 &= 2P - X - e \\ \text{else} & & \text{then } E_{10} &= 2P - X - e \\ \text{If } Id_{min} \text{ is } S & & \text{then } E_{11} &= 0 \\ \text{If } Id_{min} \text{ is } Ma \text{ and } P\text{-min} & \text{ is } S & \text{then } E_{12} &= 2e - X - Y \\ \text{If } Id_{min} \text{ is } Mb \text{ and } P\text{-min} & \text{ is } S & \text{then } E_{13} &= 2e - X - Y \\ \text{If } Id_{min} \text{ is } Mb \text{ and } L \text{ and } P\text{-min} & \text{ is } S & \text{then } E_{14} &= 2P - X - Y \\ \\ \text{If } Id_{min} \text{ is } Ma \text{ and } X\text{-min} & \text{ is } S & \text{then } E_{15} &= 2P - e - Y \\ \text{If } Id_{min} \text{ is } Mb \text{ and } X\text{-min} & \text{ is } S & \text{then } E_{16} &= 2X - e - Y \\ \text{If } Id_{min} \text{ is } Mb \text{ and } L \text{ and } X\text{-min} & \text{ is } S & \text{then } E_{17} &= 2X - e - Y \\ \\ \text{If } Id_{min} \text{ is } Ma \text{ and } Y\text{-min} & \text{ is } S & \text{then } E_{18} &= 2e - X - e \\ \text{If } Id_{min} \text{ is } Mb \text{ and } Y\text{-min} & \text{ is } S & \text{then } E_{19} &= 2e - X - e \\ \text{If } Id_{min} \text{ is } Mb \text{ and } L \text{ and } Y\text{-min} & \text{ is } S & \text{then } E_{20} &= 2P - X - e \\ \text{else} & & \text{then } E_{21} &= 2P - X - e \end{aligned} \quad (3)$$

ここで  $E_i$  は局所情報内のエッジ出力である。もし、局所領域内にエッジが存在しない場合はエッジ出力を0にする。これによって平坦部に重畳するガウス性雑音の除去が可能になる。それ以外の場合は微分フィルタによるエッジ出力を与える。この時、微分オペレーターにインパルス性雑音が重畳していた場合、局所領域内の中央値を与えるが、どの微分オペレーターに雑音が重畳しているかを判断するために各情報をファジー推論により確率的に用いる。式(3)における  $S$  は Small,  $Ma$  は Middle\_a,  $Mb$  は Middle\_b,  $L$  は Large を表すファジー集合である。本論文では各ファジー集合は図3の様に与える。ここで各々のファジー集合のパラメータは  $\alpha, \beta, \gamma, \gamma_a, \delta_a, \delta_b, \kappa$  の7つのパラメータによって決定される。最終的にエッジ抽出結果  $y(i, j)$  は式(4)による非

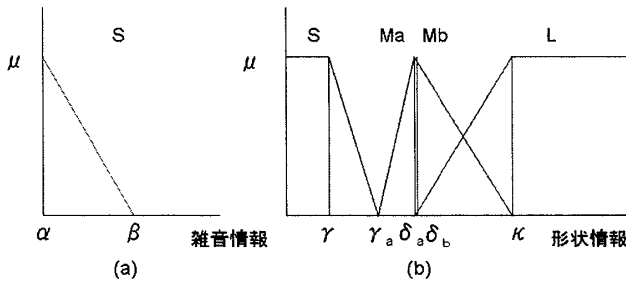


図3 提案法のファジー集合



図4 Lenna(256×256)

ファジー化手続きを経て算出される。

$$y(i,j) = \frac{\sum_{i=0}^{21} \mu_i \cdot E_i}{\sum_{i=0}^{21} \mu_i} \quad (4)$$

### 3 適用例

本論文ではインパルス性雑音 3%程度の雑音および分散 100 のガウス性雑音を対象にしている。式(5)に本論文で用いる混合雑音のモデルを示す。

$$u^0(x,y) = \begin{cases} u(x,y) + n_g(x,y) & : \text{Pr ob.} 1-p \\ n_{\max} & : \text{Pob.} p/2 \\ n_{\min} & : \text{Pr ob.} p/2 \end{cases} \quad (5)$$

ここで、 $u$  は原画像を、 $n_{\max}$ 、 $n_{\min}$  はインパルス性雑音の値である。本論文では  $n_{\max}=255$ 、 $n_{\min}=0$  とする。 $p$  はインパルス性雑音の発生確率とし、 $n_g$  は平均値 0、標準偏差  $\sigma$  の正規分布に従うガウス性雑音である。

#### 3.1 パラメータチューニング

本論文では提案するファジー集合のパラメータチューニングを雑音誤差  $Ne$ 、エッジ強度誤差  $Es$  を評価関数として用い、行う[1]。チューニング画像として図4に示す Lenna(256×256)により図3のファジー集合の各パラメータを求める。

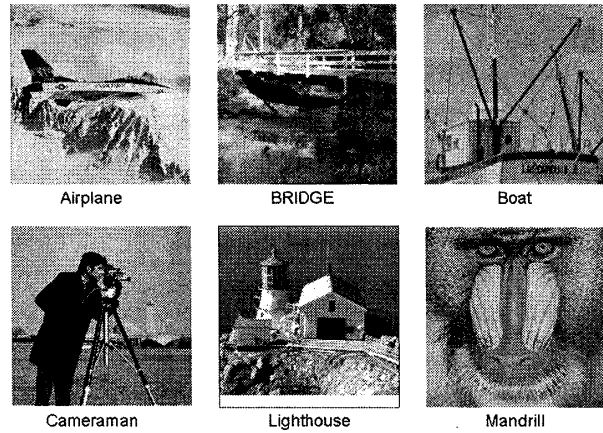


図5 実験画像

表1 提案法と文献[1]の比較

Airplane	Es	Ne
提案法	0.000135	0.000064
文献[1]	0.000120	0.000947
Median+Average	0.000130	0.000015
BRIDGE	Es	Ne
提案法	0.000064	0.000054
文献[1]	0.000026	0.000676
Median+Average	0.000070	0.000018
BOAT	Es	Ne
提案法	0.000206	0.000036
文献[1]	0.000203	0.000629
Median+Average	0.000140	0.000011
Cameraman	Es	Ne
提案法	0.000104	0.000090
文献[1]	0.000098	0.000942
Median+Average	0.000156	0.000020
lighthouse	Es	Ne
提案法	0.000088	0.000086
文献[1]	0.000065	0.000786
Median+Average	0.000112	0.000017
Mandrill	Es	Ne
提案法	0.000085	0.000035
文献[1]	0.000036	0.000547
Median+Average	0.000088	0.000014

実験的手法を用いて各々のパラメータを個々に検討を行った結果、 $\alpha=0$ 、 $\beta=5$ 、 $\gamma=25$ 、 $\gamma_a=50$ 、 $\delta_a=85$ 、 $\delta_b=86$ 、 $\kappa=126$  と設定し以後はこのパラメータを用いる。

#### 3.2 種々の画像に対する提案法の適用

ここでは 2.で説明した提案法を文献[1]の方法を共に比較、検討を行う。評価ではエッジ強度

Es と雑音誤差 Ne を評価関数として用い、また処

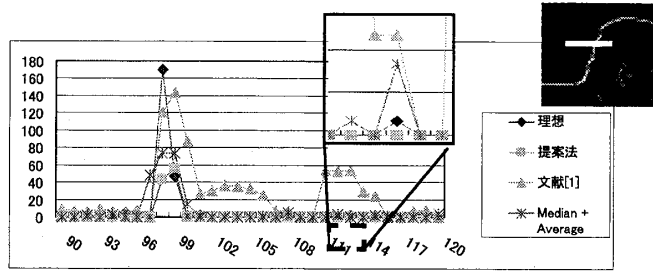


図6 水平軸波形

理結果による主観評価も行う。実験画像は図5に示す6種類の画像を用い、提案法と文献[1]の方法、およびメジアンフィルタ+エッジ処理の方法との比較、検討を行う。重畳させる雑音は3.1と同じくインパルス性雑音3%、ガウス性雑音 $\sigma^2=100$ とする。処理結果を表1に示す。表1より提案法のエッジ強度誤差 Es は文献[1]の方法および、メジアン+エッジ処理の方法と同等であり、故にエッジが正しく抽出が来ていることが分かる。また提案法の雑音誤差 Ne はメジアン+エッジ処理の方法と比べると数値は悪く、よって一見問題であるように見受けられる。しかしながら、図6の水平軸の波形を見ると平坦部のガウス性雑音の除去は提案法が優れている。これは雑音誤差 Ne の値は必ずしも小さいからといってガウス性雑音が除去できているとは限らず、理想画像においても平坦部の細部信号の影響があると推測される。よって平坦部では確実に0を与える提案法の有効性が伺える。次に出力画像の主観評価を行う。図7に Cameraman の出力結果を示す。図7から、文献[1]や Median+Average の方法に比べ、提案法はインパルス性雑音やガウス性雑音の影響なくエッジ抽出が来ていることが分かる。特に文献[1]はガウス性雑音の影響がかなり残っていることが分かる。しかしながら、エッジの連続性に対しては提案法は弱く、ここは今後の課題である。以上より提案法は従来法に比べ混合雑音の除去に対して有効性があると言えよう。

#### 4. まとめ

本論文では処理点と周辺領域の情報を用い、微

分フィルタを基本とした混合雑音重畳画像からの

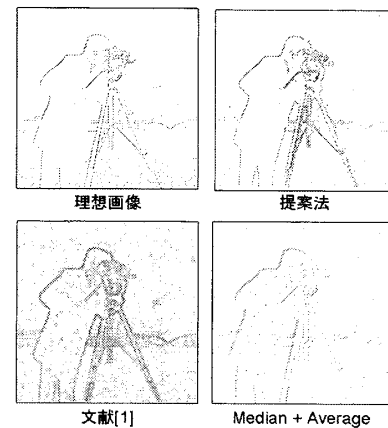


図7 出力画像(反転画像)

エッジ抽出法を提案した。提案法は文献[1]と比べ、数値的、主観的にも優れており、細部信号の保存も出来ていることを確認した。しかしながら、高発生率のインパルス性雑音や分散値の大きいガウス性雑音の除去に対応できていない。これは今後の課題である。

#### 参考文献

- [1] Tomoaki Kimura, Akira Taguchi, Yutaka Murata, "Detection from noisy images by using the fuzzy technique", Electronics and Communications in Japan (Part III: Fundamental Electronic Science) Volume 83, Issue 1, D January 2000, pp 61-69
- [2] K.S, Srinivasan, D. Ebenezer, "Cascaded decision-based median and un-symmetric trimmed mean filter for removal of high-density impulse noise in an image", Proceeding of the 9<sup>th</sup> WSEAS International Conference on Systems Article No.33, 2005
- [3] Fabrizio Russo, Giovanni Ramponi, "Edge extraction by FIRE operators", The 3rd IEEE International Conference on Fuzzy Systems. Part 1 (of 3); Orlando, FL; USA; 26-29 June 1994. pp. 249-253. 1994