

平成 18 年度

プロジェクト研究報告書

インパルス性雑音除去手法を用いた
劣化画像の復元

1070407 高田 浩貴

指導教員 福本 昌弘

高知工科大学 情報システム工学科

要 旨

インパルス性雑音除去手法を用いた 劣化画像の復元

高 田 浩 貴

画像をデジタル処理する際、符号化、伝送路誤りなどの影響によりゴマ塩雑音と呼ばれるインパルス性雑音が原画像に重畳してしまう場合がある。これらのインパルス性雑音の除去にはメディアンフィルタが有効であることが知られているが、原画像の再現性という点で問題点も指摘されている。このメディアンフィルタが抱える問題に対して、フィルタの適用条件を設定することで再現性を向上させる条件付きメディアンフィルタが提案され、現在、インパルス性雑音の除去として主として使われている。

本研究では、条件付きメディアンフィルタに対するさらなる改善法として提案された PSA フィルタに着目し、原画像の劣化状態によるフィルタの性能評価を行う。評価結果から PSA フィルタの主要パラメータであるしきい値は雑音の出現頻度、状態に関わらず決定可能であることが明らかになり、さらに条件によっては PSA フィルタの処理結果が従来の手法より悪化する場合があることも明らかになった。

キーワード インパルス性雑音, 条件付きメディアンフィルタ, PSA フィルタ

目次

第 1 章	序論	1
1.1	背景と目的	1
1.2	本論文の概要	2
第 2 章	インパルス性雑音の除去手法	4
2.1	メディアンフィルタ	4
2.2	条件付きメディアンフィルタ	6
2.3	PSA フィルタ	8
第 3 章	比較結果	14
3.1	フィルタの性能評価	14
3.1.1	評価手法	14
3.1.2	フィルタの種類による性能評価	16
3.2	PSA フィルタの評価	24
第 4 章	結論	27
4.1	結論	27
4.2	今後の課題	27
	謝辞	28
	参考文献	30

目次

1.1	原画像	3
1.2	インパルス性雑音画像	3
2.1	メディアンフィルタの処理例	5
2.2	メディアンフィルタとフィルタ処理の関係図	5
2.3	復元画像 (メディアンフィルタ)	6
2.4	条件付きメディアンフィルタとフィルタ処理の関係図 1	7
2.5	条件付きメディアンフィルタとフィルタ処理の関係図 2	7
2.6	復元画像 (条件付きメディアンフィルタ)	8
2.7	PSA フィルタとフィルタ処理の関係図 1	12
2.8	PSA フィルタとフィルタ処理の関係図 2	12
2.9	復元画像 (PSA フィルタ)	13
3.1	MSE による評価の例	15
3.2	雑音 30%, 1:1 の復元画像	15
3.3	雑音 30%, 9:1 の復元画像	16
3.4	比較結果	17
3.5	雑音 30% の PSA フィルタ拡大図 (MSE:96)	23
3.6	雑音 30% の条件付きメディアンフィルタの拡大図 (MSE:102)	23
3.7	比較結果	25
3.8	雑音 10%, 割合 1:1 の復元画像	25
3.9	雑音 10%, 割合 9:1 の復元画像	25
3.10	雑音 20%, 割合 1:1 の復元画像	26
3.11	雑音 20%, 割合 9:1 の復元画像	26

表目次

3.1	雑音 1%の比較	18
3.2	雑音 10%の比較	19
3.3	雑音 30%の比較	19
3.4	雑音 50%の比較	20
3.5	雑音 1%の比較	20
3.6	雑音 10%の比較	21
3.7	雑音 30%の比較	21
3.8	雑音 50%の比較	22
3.9	比較条件	24

第 1 章

序論

1.1 背景と目的

画像をデジタル処理する際、符号化、伝送路誤りなどの影響によりゴマ塩雑音と呼ばれるインパルス性雑音が生じ、原画像に重畳してしまうことがある。この雑音の影響を受けると画像上に黒又は白い点が発生し、画像の品質を下げるものとして問題になる。

インパルス性雑音の影響を受けた画像の復元方法はこれまでに様々な研究が行われてきているが、大きく分け三つの段階に分類が可能である。まず、周辺画素の情報をを用いた平均化を行うメディアンフィルタ、または荷重メディアンフィルタである。しかし、これらのフィルタは原画像の再現性という点で問題点が指摘されている。特にメディアンフィルタが抱える大きな問題として指摘されるものは、単純な平均値フィルタであるために処理結果として画像全体がぼけたようなものになるという点である。次に、このメディアンフィルタの問題に対する改良方として、条件付きメディアンフィルタまたはスイッチングメディアンフィルタと呼ばれるフィルタが提案された。この手法はフィルタの適用条件を制限することに重点をおいているもので、あらかじめ処理点がインパルス性雑音の影響を受けていると判断されたときにのみメディアンフィルタ処理を施すものである。条件付きメディアンフィルタの確実な進歩は、インパルス性雑音情報を処理に取り入れた点である。しかし、条件付きメディアンフィルタは処理点のみの雑音情報しか用いないため、フィルタ窓内の雑音情報は持ち用いない。これは、フィルタ窓内に過半数以上のインパルス性雑音の影響を受けた画素が存在する場合には、インパルス性雑音の除去は行えないことになる。そこで、雑音の位置情報をあらかじめ特定しておきフィルタ処理を行う際にインパルス性雑音の影響を受けていない

1.2 本論文の概要

画素のみを復元に用いる手法について現在研究が進んでいる。

本研究では、まずインパルス性雑音除去フィルタの性能について比較評価を行い、特にインパルス性雑音の復元手法の中で三段階目に属する PSA フィルタに着目し、原画像の劣化状態によるフィルタの性能評価を行う。

1.2 本論文の概要

ここで、本論文の概要について述べる。まず、第2章ではインパルス性雑音除去法として研究されてきたメディアンフィルタ、条件付きメディアンフィルタについて説明を行い、次に本研究の評価対象である PSA フィルタについて述べる。第3章では第2章で述べた3種類のフィルタ処理に対して雑音除去に対するフィルタの性能評価を行う。次に、PSA フィルタについてより詳細な評価を行っている。最後に第4章では本論文の結論について述べ、考察を行い今後の課題について述べる。

本論文を通して、原画像として図 1.1 で示す標準画像である lenna を用いる。また、特に断りが無い場合インパルス性雑音が混入した劣化画像として図 1.2 を用いる。

1.2 本論文の概要



図 1.1 原画像



図 1.2 インパルス性雑音画像

第 2 章

インパルス性雑音の除去手法

画像をデジタル処理する際、符号化、伝送の誤りなどの影響により、ゴマ塩雑音と呼ばれるインパルス性雑音が原画像に重畳してしまう場合がある。インパルス性雑音とは、ゴマと言われる通り、白と黒の雑音が原画像に入る雑音である。本章ではインパルス性雑音除去法として研究されてきたメディアンフィルタ、条件付きメディアンフィルタについて説明を行い、次に本研究の評価対象である PSA フィルタについて述べる。

2.1 メディアンフィルタ

メディアンフィルタは注目画素に対しその近傍点からメディアン値を算出し注目画素をメディアン値に置き換えるフィルタである。メディアン値とは、ある一組のデータ列を大ききの順に並べたとき、中央にくる値である。メディアンフィルタの場合は注目する画素の周辺近傍の濃度の中央値を取り出すフィルタで着目画素の濃淡値を与える。3 × 3 マスクを用いて処理を行うとすると、メディアンフィルタにより得られる値はマスク内の 9 個の画素の階調値を小さい順、または大きい順に並べたときの 5 番目 (中央の値) の濃度値が表す値である。図 2.1 にメディアンフィルタの処理例を示す。ここでまず太線で囲まれたものをフィルタ窓としその中央にある 10 を注目画素とする。この例では 2 2 3 3 4 4 4 5 10 と濃度値が並ぶためそのメディアン値は 4 となり、注目画素は 4 に置き換わる。次にこの処理結果を元に破線で囲まれている箇所を同様の処理を行いメディアン値を計算すると 4 となる。以降この手順を繰り返すことでメディアンフィルタの処理は行われる。

メディアンフィルタの手順から分かるように、このフィルタ処理は画像全体に対しフィル

2.1 メディアンフィルタ

タ処理を行い、注目画素をメディアン値に逐次置き換えるフィルタである。図 2.2 にメディアンフィルタにおけるインパルス性雑音とフィルタ処理の関係について図示する。ここで斜線部はフィルタ窓を表し、黒丸で示されているものがインパルス性雑音の影響を受けた画素である。図 2.2 からわかるように、メディアンフィルタでは注目画素がインパルス性雑音の影響を受けていない場合でも注目画素をメディアン値に置き換えてしまうため、結果として画像全体が平均化されぼけてしまうという問題がある。

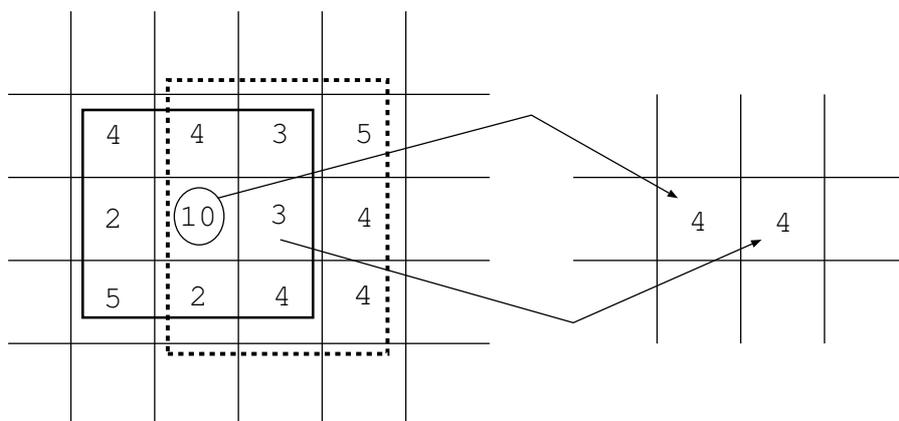


図 2.1 メディアンフィルタの処理例

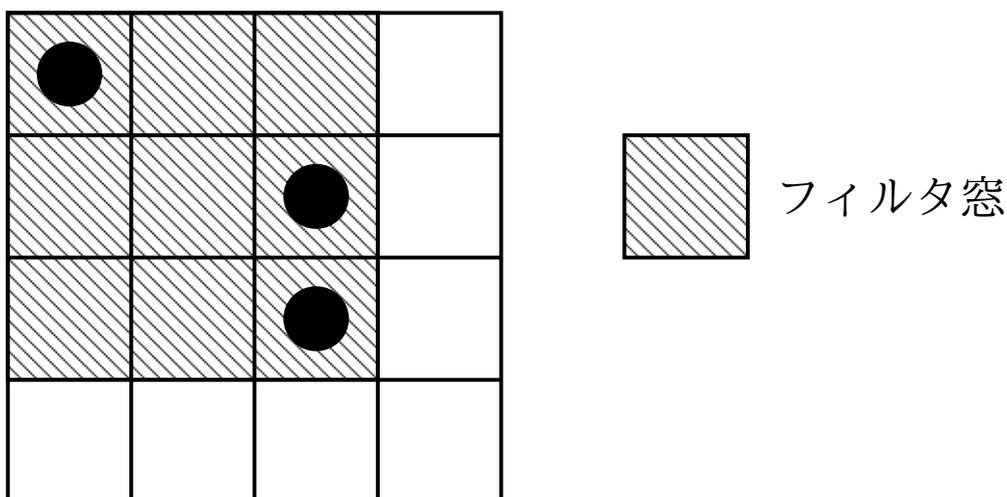


図 2.2 メディアンフィルタとフィルタ処理の関係図

図 1.1 の画像に対しメディアンフィルタの処理結果の例を図 2.3 に示す。処理結果と原画

2.2 条件付きメディアンフィルタ

像と見比べると、インパルス性雑音の除去は行えていることがわかるが画像が全体的にボケているのが確認できる。



図 2.3 復元画像 (メディアンフィルタ)

2.2 条件付きメディアンフィルタ

メディアンフィルタの画像がぼけるという問題に対する改良方として、条件付きメディアンフィルタまたはスイッチングメディアンフィルタが提案された。この手法はフィルタの適用条件を制限することに重点をおいているもので、あらかじめ処理点がインパルス性雑音の影響を受けていると判断されたときにのみメディアンフィルタ処理を施すものである。簡単に言うと条件付きメディアンフィルタとはメディアンフィルタの適用時に雑音を受けた画素のみにメディアンフィルタを用いる手法である。この処理手順によりインパルス性雑音でないと判定された画素はフィルタ処理が施されず、メディアンフィルタで問題となる復元画像のぼけを回避することができる。してしまっていたが、条件付きメディアンフィルタを使用することでぼかすことなく画像を復元できるようになる。

図 2.4,2.5 にメディアンフィルタの節と同様にインパルス性雑音とフィルタ処理の関係に

2.2 条件付きメディアンフィルタ

ついて図示する。まず図 2.4 のように注目画素がインパルス性雑音の影響を受けていない場合、条件付きメディアンフィルタではフィルタ処理を行わない。次に図 2.5 で示されるように注目画素がインパルス性雑音の影響を受けている場合にはメディアンフィルタと同様の処理を行う。

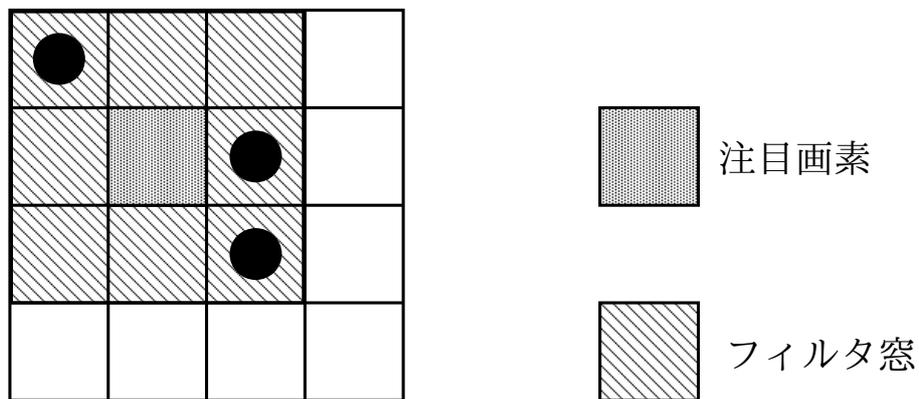


図 2.4 条件付きメディアンフィルタとフィルタ処理の関係図 1

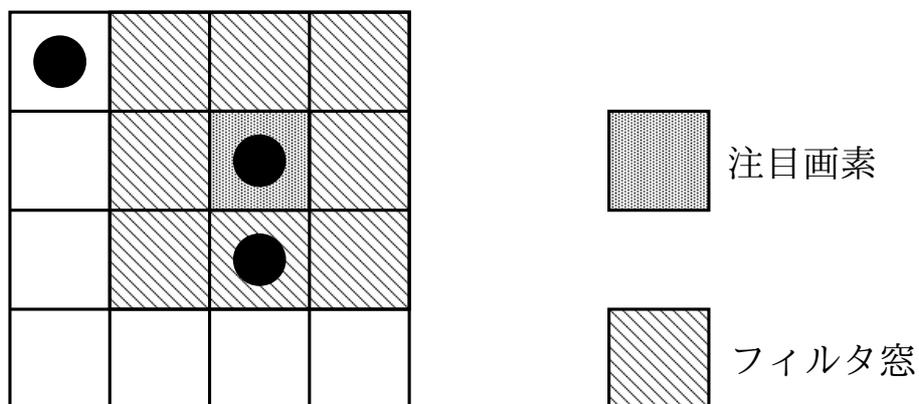


図 2.5 条件付きメディアンフィルタとフィルタ処理の関係図 2

図 2.6 に条件付きメディアンフィルタを用いた復元結果を示す。この結果から条件付きメディアンフィルタではメディアンフィルタで問題となった画像全体のボケが無いことが確認できる。

2.3 PSA フィルタ



図 2.6 復元画像 (条件付きメディアンフィルタ)

2.3 PSA フィルタ

PSA フィルタとは、広範囲の発生確率に対応できる優れたインパルス性雑音で劣化した画像に対する復元フィルタで、インパルス性雑音の影響を受けている画素のみ、その画素近傍のインパルス性雑音でない画素の平均値に置き換えてインパルス性雑音の除去を行う。つまり、PSA フィルタは条件付きメディアンフィルタがメディアンフィルタに対して有する優位性を残したまま、条件付きメディアンフィルタの復元性能を更に向上させる手法である。PSA フィルタは復元画素の決定は条件付きメディアンフィルタと同様であるが、復元に用いる周辺画素の選択が大きく異なっている。

まず、PSA フィルタの処理手順を説明する。ここで $P(i, j)$ はインパルス性雑音のみの影響を受けた劣化画像である。 $P(i, j)$ は

$$P(i, j) = \begin{cases} P_0 & : \text{prob. } 1 - p_1 - p_2 \\ h_1 & : \text{prob. } p_1 \\ h_2 & : \text{prob. } p_2 \end{cases} \quad (2.1)$$

と与えるものとする。ここで、 $P_0(i, j)$ は原画像であり、最大階調値に近い白のインパルス

2.3 PSA フィルタ

性雑音 (信号値 : h_1) が p_1 の確率で, その値が 0 に近い黒のインパルス性雑音 (信号値 : h_2) が p_2 の確率で発生しているものとする. 本論文のインパルス性雑音重畳画像復元手法の処理形態は, 文献 [1] に基づいている. まず, 文献 [1] の処理形態について簡単に説明する. 文献 [1] での処理は, 大きく分けて二つの過程により構成されている.

- 過程 1 : 雑音位置画像を $I(i, j)$ とし, インパルス性雑音重畳画像に対し, 画素 (i, j) がインパルス性雑音の影響を受けていると判断されたとき $I(i, j) = 1$ とし, インパルス性雑音の影響を受けていないと判断されたとき $I(i, j) = 0$ とする雑音位置画像を作成する.
- 過程 2 : 雑音位置画像 $I(i, j)$ を用いて, インパルス性雑音の影響を受けている画素 ($I(i, j) = 1$) のみを, 処理点 (i, j) 近傍のインパルス性雑音の影響を受けていない画素を用いてフィルタ処理を行う.

PSA フィルタの過程 1 は, 次の三つの手順から構成される.

1. 入力信号は, 式 (3.1) で定義される $P(i, j)$ であり, n 回目の繰り返しにおける雑音位置画像を $f'_n(i, j)$ とし, インパルス性雑音検知に用いる n 回目のフィルタ処理後の画像を $y'_n(i, j)$ とするとき, それぞれの初期値を

$$y'_0(i, j) = P(i, j) \quad (2.2)$$

$$f'_0 = 0 \quad (2.3)$$

とする.

2. $y'_n(i, j)$ 及び $f'_n(i, j)$ を以下のように更新する.

$$f'_n(i, j) = \begin{cases} f'_{n-1}(i, j) & \text{if } |y'_{n-1}(i, j) - m'_{n-1}(i, j)| < T_D \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.4)$$

2.3 PSA フィルタ

$$y'_n(i, j) = \begin{cases} m'_n(i, j) & \text{if } f'_n(i, j) \neq f'_{n-1}(i, j) \\ y'_{n-1}(i, j) & \text{if } f'_n(i, j) = f'_{n-1}(i, j) \end{cases} \quad (2.5)$$

ここで、 $m'_n(i, j)$ は画像 $y'_{n-1}(i, j)$ の (i, j) 近傍のメディアン値である。また、 T_D はインパルス性雑音を検知するためのしきい値である。

3. $n = N_e$ を満たしたならば,

$$I(i, j) = f'_n(i, j) \quad (2.6)$$

$$\hat{P}_0(i, j) = y'_n(i, j) \quad (2.7)$$

として雑音位置画像 $I(i, j)$ を得る。さもなければ、 $n = n + 1$ とし、2へ戻る。なお、 N_e はあらかじめ設定しておく繰り返し回数である。 $\hat{P}_0(i, j)$ は条件付きメディアンフィルタを繰り返し適用したときの出力画像に対応している。よって、 $\hat{P}_0(i, j)$ も良好な復元画像である。

次に PSA フィルタに基づく過程 2 の説明を行う。

1. 繰り返し n 回目のフィルタ出力 $y_n(i, j)$ 及び繰り返し n 回目後に残留しているインパルス性雑音の位置を示す画像 $f_n(i, j)$ のそれぞれの初期状態を,

$$y_0(i, j) = P(i, j) \quad (2.8)$$

$$f_0(i, j) = I(i, j) \quad (2.9)$$

とする。ここで、 $P(i, j)$ は式 3.1 で定義された劣化画像、 $I(i, j)$ は過程 1 で得られた雑音位置画像である。

2. $f_n(i, j)$ 及び $y_n(i, j)$ を次のように計算する。

$$y_n(i, j) = \begin{cases} a_n(i, j) & \text{if } f_{n-1}(i, j) = 1 \text{ and } M > 0 \\ y_{n-1}(i, j) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.10)$$

2.3 PSA フィルタ

$$f_n(i, j) = \begin{cases} f_{n-1}(i, j) & \text{if } y_n(i, j) = y_{n-1}(i, j) \\ 0 & \text{if } y_n(i, j) = a_n(i, j) \end{cases} \quad (2.11)$$

ここで、 $a_n(i, j)$ はフィルタ窓内における $f_{n-1}(i, j) = 0$ である画素のみの平均値を示すものとする。また、 M はフィルタ窓内において、 $f_{n-1}(i, j) = 0$ を満足する画素の数を示している。

3. $\sum_i \sum_j f_n(i, j) = 0$ を満たしたならば、すべてのインパルス性雑音が除去されたことを意味することから、フィルタの出力を

$$y(i, j) = y_n(i, j) \quad (2.12)$$

とする。さもなくば $n = n + 1$ とし、2へ戻る。

メディアンフィルタ、条件付きメディアンフィルタと同様にインパルス性雑音とフィルタ処理の関係について図示する。まず図 2.7 のように注目画素がインパルス性雑音の影響を受けていない場合、PSA フィルタでは条件付きメディアンフィルタと同様にフィルタ処理を行わない。次に図 2.8 で示されるように注目画素がインパルス性雑音の影響を受けている場合にはフィルタ処理を行うが、ここで条件付きメディアンフィルタでは全ての周辺画素情報を用いて復元を行っていたが、PSA フィルタでは太線で囲まれたインパルス性雑音の影響を受けていない画素のみを用いてそのメディアン値をとり復元を行う。

PSA フィルタを用いた復元画像を図 2.9 に示す。この結果から PSA フィルタも条件付きメディアンフィルタと同様にメディアンフィルタのようにボケてはないが、条件付きメディアンフィルタとほぼ同様の復元画像になる。これは条件付きメディアンフィルタと PSA フィルタの処理手順から考え、あまり雑音の発生頻度が高くない場合、両者の処理結果は同一となることから妥当な結果だと考えられる。

2.3 PSA フィルタ

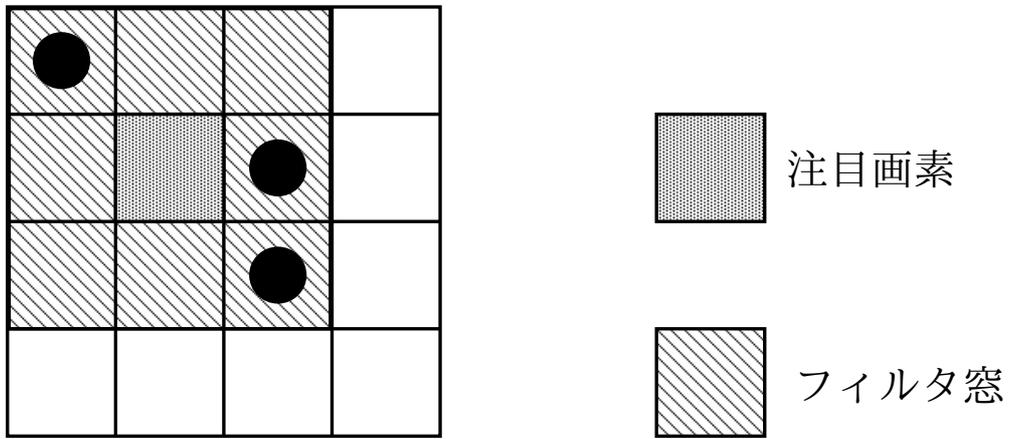


図 2.7 PSA フィルタとフィルタ処理の関係図 1

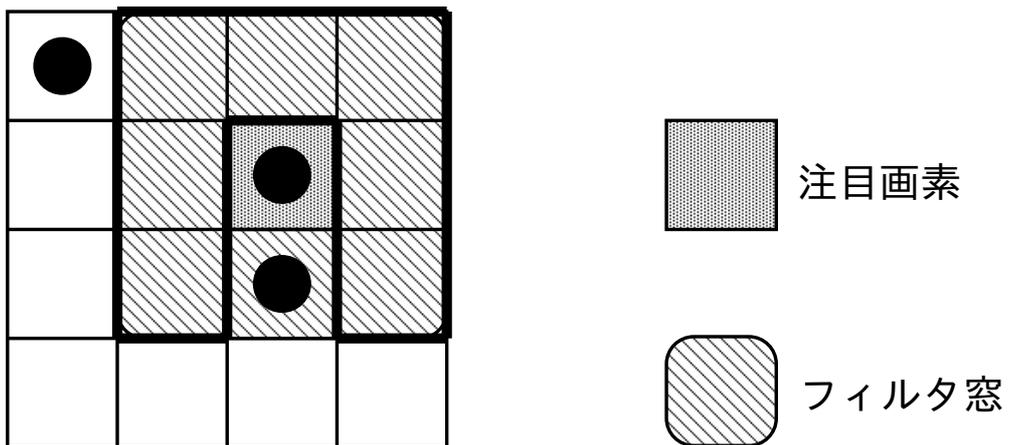


図 2.8 PSA フィルタとフィルタ処理の関係図 2

2.3 PSA フィルタ



図 2.9 復元画像 (PSA フィルタ)

第 3 章

比較結果

3.1 フィルタの性能評価

メディアンフィルタ, 条件付きメディアンフィルタ, PSA フィルタの雑音除去効果を比較、評価を行うため、インパルス性雑音を加えた画像に対し雑音の除去を行う。

3.1.1 評価手法

ここで雑音除去効果の評価として、MSE(Mean Squared Error) とよばれる

$$MSE = \frac{\sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^m \{b_{(x,y)} - b^*_{(x,y)}\}^2}{X \times Y} \quad (3.1)$$

で計算される平均二乗誤差を用いた。但し、 m, n は画像の縦方向、横方向の最大画素数であり、 X は横の近傍、 Y は縦の近傍を表し、 $b^*_{(x,y)}$ は原画像 $b_{(x,y)}$ に対してインパルス性雑音の影響を受けたものである。

MSE は画像全体での平均誤差を表すものであり、通常値が小さい程より比較対象画像が原画像に近いとみなすことができる。ここで、MSE での評価に対する留意点を記しておく。

MSE による復元フィルタの性能評価は画像全体が原画像からあまり濃度値がずれないだけ、歪み等の復元精度を測るには適しているといえる。なぜなら MSE は画像全体の誤差の平均を評価する指標であるため全体としての復元性能が分かるためである。一方インパルス性雑音等の原画像に対し無関係に混入した雑音に対する復元精度を比較するには注意して結果を比較する必要がある。図 3.1 に MSE での評価例を示す。

3.1 フィルタの性能評価

60	60
60	60

A

60	60
60	255

B

157	157
157	157

C

図 3.1 MSE による評価の例



図 3.2 雑音 30%, 1:1 の復元画像

A が原画像，B がインパルス性雑音が 1 画素に乗ったもの，C が画像全体が劣化した例である．ここで A に対する B，C の MSE はそれぞれ 9506，9409 でありほぼ同一である．しかし実際の画像では B の画像はインパルス性雑音の影響を受けていない画素は原画像そのままであるのに対し C の画像は画像全体がもとの画像から大きく劣化していると言える．この例から分かるように，必ずしも画像の見た目が良い場合が MSE の値が良いと限らない事を考慮する必要がある．

次に，実際に画像を用いて確認する．評価する画像は，図 1.1 で用いた原画像に雑音 30%の雑音が入った画像を用いる．図 3.2 の画像は黒対白を 1:1 としたもので，しきい値を 100 とする．図 3.3 の画像は黒対白を 9:1 としたもので，しきい値を 90 とする．MSE の値

3.1 フィルタの性能評価



図 3.3 雑音 30%, 9:1 の復元画像

は、図 3.2 の場合 601, 図 3.3 の場合 624 である。

画像を確認すると、図 3.2 の場合には白、黒の点が部分的に入っているのが確認できるが、図 3.3 の場合には黒のかたまりが復元画像に入っているのが確認できる。

この結果から MSE の値が近くても、復元画像は全く違うものになることがわかる。

3.1.2 フィルタの種類による性能評価

フィルタの雑音除去性能を評価するため、雑音の出現頻度を変化させ比較した。その結果を図 3.4 に示す。ただし、PSA フィルタ、条件付きメディアンフィルタのしきい値は、対象画像で良好な結果を示した値としている。この結果から、いずれの雑音の発生頻度においても条件付きメディアンフィルタ、PSA フィルタはメディアンフィルタより良好な結果を示している。また、雑音の発生頻度が高くなるにつれ PSA フィルタは条件付きメディアンフィルタより結果が良いことがわかる。これは PSA フィルタが条件付きメディアンフィルタより優位であるフィルタ窓内にインパルス性雑音を受けた画素が多数ある場合であるためと考えられる。

次に、雑音の種類によるフィルタの復元精度を比較するために、雑音の発生頻度を

3.1 フィルタの性能評価

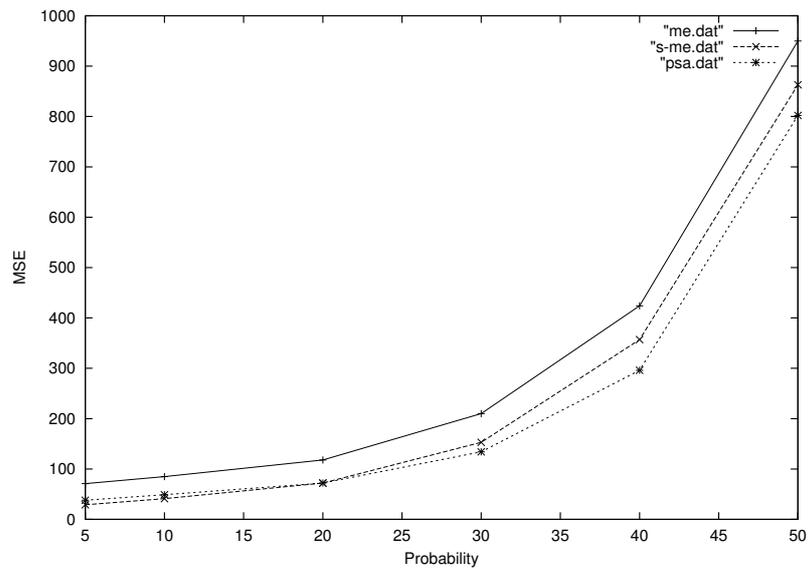


図 3.4 比較結果

1%,10%,30%,50%とし、黒対白の割合を変化させ評価を行った。また、しきい値が復元結果とどのように関係しているか調べるため、それぞれの発生頻度に対してしきい値を変化させている。

表 3.1 から表 3.4 までが発生頻度を 1:1 に設定したもの、表 3.5 から表 3.8 までが発生頻度を 9:1 に設定したものの結果である。ここで、メディアンフィルタがしきい値に関わらず結果が一定であるがこれはメディアンフィルタはしきい値を用いない手法であるためである。

この結果から、黒対白の割合を 1:1 とした場合、雑音の出現確率が低い場合には、MSE の値は PSA フィルタ、条件付きメディアンフィルタの誤差はあまり差がでないことがわかるが、出現確率が高い場合には、PSA フィルタが条件付きメディアンフィルタ、メディアンフィルタよりも MSE で表される値がよくなることがわかる。次に、雑音の出現頻度が 9:1 の場合結果から、PSA フィルタは雑音の出現頻度が低い場合には条件付きメディアンフィルタの方が結果がよくなることもある。これは、本来雑音の影響を受けていない周辺画素も雑音の影響を受けていない周辺画像も雑音の影響を受けていると誤判別することにより、復元に用いられる情報が減り、結果復元性能が悪化する場合があると考えられる。しかし、雑音の種類が偏った場合には復元精度が大きく劣化してしまう。また、雑音の種類に関わらず、

3.1 フィルタの性能評価

表 3.1 雑音 1%の比較

しきい値	メディアンフィルタ	条件付きメディアンフィルタ	PSA フィルタ
10	63	52	101
20	63	36	58
30	63	23	33
40	63	13	16
50	63	9	10
60	63	7	7
70	63	7	7
80	63	9	9
90	63	12	12
100	63	19	19

最適なしきい値は出現頻度のみで変化することもわかる。

図 3.4 のグラフの雑音 30%の PSA フィルタ, 条件付きメディアンフィルタの復元画像を画像で確認を行った。確認しにくいですが, 図 3.6 の条件付きメディアンフィルタの左目に注目すると, ボケを確認し, PSA フィルタの方が復元精度がいいことを確認した。

3.1 フィルタの性能評価

表 3.2 雑音 10%の比較

しきい値	メディアンフィルタ	条件付きメディアンフィルタ	PSA フィルタ
10	81	70	122
20	81	53	72
30	81	38	44
40	81	28	28
50	81	35	35
60	81	47	45
70	81	61	59
80	81	81	81
90	81	109	109
100	81	177	178

表 3.3 雑音 30%の比較

しきい値	メディアンフィルタ	条件付きメディアンフィルタ	PSA フィルタ
10	149	138	182
20	149	119	126
30	149	102	96
40	149	95	84
50	149	126	113
60	149	172	165
70	149	212	209
80	149	278	280
90	149	381	389
100	149	583	601

3.1 フィルタの性能評価

表 3.4 雑音 50%の比較

しきい値	メディアンフィルタ	条件付きメディアンフィルタ	PSA フィルタ
10	428	417	436
20	428	397	376
30	428	382	338
40	428	382	342
50	428	438	405
60	428	517	495
70	428	604	594
80	428	736	742
90	428	932	958
100	428	1288	1344

表 3.5 雑音 1%の比較

しきい値	メディアンフィルタ	条件付きメディアンフィルタ	PSA フィルタ
10	65	53	101
20	65	38	60
30	65	24	34
40	65	13	16
50	65	9	10
60	65	8	8
70	65	8	8
80	65	10	10
90	65	13	13
100	65	20	20

3.1 フィルタの性能評価

表 3.6 雑音 10%の比較

しきい値	メディアンフィルタ	条件付きメディアンフィルタ	PSA フィルタ
10	90	78	128
20	90	60	82
30	90	45	52
40	90	35	34
50	90	44	41
60	90	61	58
70	90	76	74
80	90	97	96
90	90	123	123
100	90	188	188

表 3.7 雑音 30%の比較

しきい値	メディアンフィルタ	条件付きメディアンフィルタ	PSA フィルタ
10	377	359	362
20	377	328	288
30	377	297	238
40	377	289	238
50	377	356	322
60	377	407	380
70	377	453	429
80	377	524	509
90	377	641	624
100	377	842	830

3.1 フィルタの性能評価

表 3.8 雑音 50%の比較

しきい値	メディアンフィルタ	条件付きメディアンフィルタ	PSA フィルタ
10	4866	4819	5247
20	4866	4736	4737
30	4866	4702	4581
40	4866	4792	4618
50	4866	4985	4783
60	4866	4994	4752
70	4866	5044	4757
80	4866	5075	4788
90	4866	5172	4881
100	4866	5391	5097

3.1 フィルタの性能評価



図 3.5 雑音 30%の PSA フィルタ拡大図 (MSE:96)



図 3.6 雑音 30%の条件付きメディアンフィルタの拡大図 (MSE:102)

3.2 PSA フィルタの評価

ここで、他のフィルタに比べ結果が良かった PSA フィルタについて、より詳細な性能を評価するために条件を変化させ評価を行った。まず、雑音の種類による復元性能の変化を確認するために、インパルス性雑音の黒対白の割合を変化させます。また、雑音位置特定画像の精度に関係するしきい値を変化させた場合の性能を比べる。

まず、雑音の発生頻度を図 3.7 に示す。また、しきい値を 10～100 まで変化させ評価を行った。

図 3.7 のグラフからわかるように、PSA フィルタは雑音の比較的少ない 1%、10% のような場合には、復元結果は雑音の種類の影響をあまり受けないことがわかり、雑音 50% のような雑音の影響が大きい場合には、復元精度は黒対白の割合による変化が大きいことがわかる。

表 3.9 比較条件

グラフ	黒対白	インパルス性雑音
a	1:1	1%
b	1:1	10%
c	1:1	50%
d	9:1	1%
e	9:1	10%
f	9:1	50%

3.2 PSA フィルタの評価

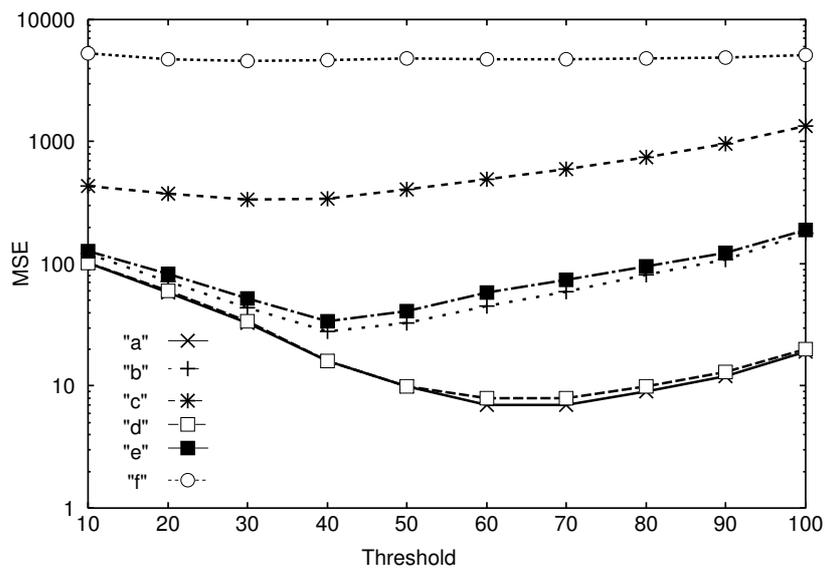


図 3.7 比較結果



図 3.8 雑音 10%, 割合 1:1 の復元画像



図 3.9 雑音 10%, 割合 9:1 の復元画像

3.2 PSA フィルタの評価



図 3.10 雑音 20%, 割合 1:1 の復元画像



図 3.11 雑音 20%, 割合 9:1 の復元画像

第 4 章

結論

4.1 結論

本研究では、インパルス性雑音の除去を行うフィルタとして、メディアンフィルタ、条件付きメディアンフィルタ、PSA フィルタの三つのフィルタの評価を行った。そして、PSA フィルタの雑音出現頻度、雑音の種類としきい値が処理結果にどのように影響するか調べた。

その結果、雑音の出現頻度が低い場合には、PSA フィルタより条件付きメディアンフィルタの方が処理結果がよくなる場合があることも明らかになり、PSA フィルタの主要パラメータであるしきい値は雑音の出現頻度、状態に関わらず決定可能であることが明らかになった。また、雑音の種類が変化しても、MSE が最小となるしきい値には大きな影響が無いことがわかる。しかし、雑音の種類が偏った場合には復元精度が大きく劣化してしまう。また、雑音の種類に関わらず、最適なしきい値は出現頻度のみで変化することもわかる。

4.2 今後の課題

PSA フィルタは雑音の出現確率が高い程他の方式に比べ除去性能が良くなることがわかる。しかしながら、雑音の出現頻度が低い場合には条件付きメディアンフィルタの方が結果がよくなることもある。これは、本来雑音の影響を受けていない周辺画素も雑音の影響を受けていると誤判別することにより、復元に用いられる情報が減り、結果復元性能が悪化する場合があると考えられる。

それらについて、今後さらなる研究が必要である。

謝辞

本研究を行うにあたって、福本昌弘助教授をはじめ、研究室の方々には大変お世話になりましたので、ここに感謝の辞を述べさせていただきます。

福本昌弘助教授には、バカな私を見捨てず、卒業というゴールまで引っ張って頂き感謝しています。先生がいなかったら私は来年もいたでしょう。また、プロジェクト研究の梗概の×切前や、研究発表会の前など、夜遅くまで残って御指導して頂き、ありがとうございます。研究室であんなにバットを振り回すのは先生だけだったと思います。また、何かに漬けて背中を叩いていただき、また発表会の前に叩いてもらったおかげで、気合いが入りましたが緊張しすぎて何もかも真っ白になりました。

また、本研究の審議を行って頂いた、岡田守教授にも、お礼申し上げます。

福本研究室院生の佐伯幸郎さん、福富英次さん、劉さんには研究などいろいろ御迷惑をおかけしました。佐伯さんには、飲み連れて行って頂きましたね。佐伯さんがいなかったら私はここにいなかったと思います。私にとって福本研究室6期生である田井くんの次の神でした。福富さんにも、私生活でお世話になりました。劉さんには寮に招待して頂き、中国料理を作って頂きました。しかし、ビールが常温で、酔い潰れた私に優しくしてくれました。ひとつアドバイスですがビールは冷やしたほうがいいですよ。

福本研究室の7期生である、一色くんには、クールで研究の事などいろいろお世話になりました。鈴木くん(パッチくん)には、滑べることを恐れないボケる勇気をもらいました。あそこまで滑べる人を見たのは始めてでした。『君とは違うんだよ』とジャスティスが口ぐせの野老山くんにはレベルの違いを見せつけられました。吉本くんには腹黒さを教わりました。かわいい顔してるのに意外な一面を見せて頂きました。あと TEX の使い方を教わりました。6期生の高橋くん(かずちゃん)には、私生活でもお世話になりました。恋のアドバイスも的確で伊達に妖精という異名を持つてだけのことはありますね。いろいろ楽しい思い出になりました。卒業研究を途中でリタイヤした石川くんにも私生活でお世話になりました。卒

謝辞

業研究なしでの卒業は私にとっては羨ましかったです。8期生の金井宏一朗くんには、後輩でありながら研究を教えて頂き、どちらが先輩かわかりませんでした。また、ボケると必ず笑って頂き自身を失わずに済みました。来年は福本研究室をぜひ、ぜひ盛り上げてください。

本当に皆様には、感謝の気持ちでいっぱいです。皆様と研究室で過ごした日々は忘れられない思い出です。

最後に、四年間私に関わって頂いた全ての方々に感謝致します。

参考文献

- [1] 松本 哲夫, 田口 亮, ”雑音位置情報と画像の方向性を考慮したインパルス性雑音除去手法”電子情報通信学会論文誌, VOL.J83-A,pp.1382-1392, NO.12 DECEMBER 2000.
- [2] 井上 誠喜, 八木 伸行, 中須 英輔, 三谷 公二, 奥井 誠人, ”C 言語で学ぶ実践画像処理”, オーム社, 1999 年.