

混合雑音重畳画像復元のための ファジーフィルタの提案

Fuzzy Filters for Removal of Mixed Noise

木村誠聡

日本アイ・ピー・エム株式会社 技術開発

田口 亮 , 濱田 敬 , 村田 裕

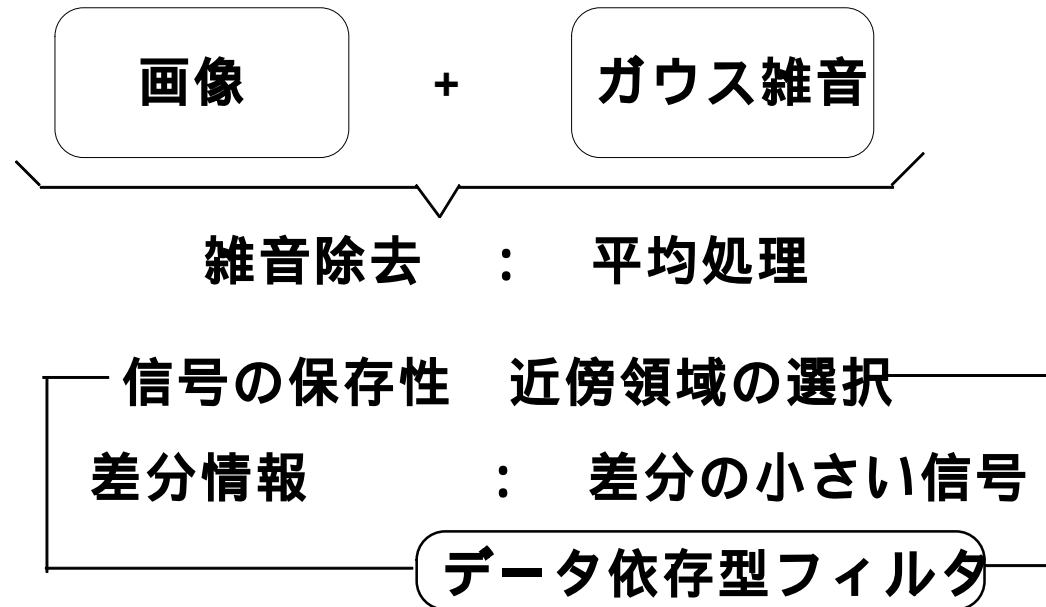
武蔵工業大学 工学部
電気電子工学科 計測制御研究室

Contents

- 1 . Introduction
 - 1 . 1 処理点信号値との差分情報
 - 1 . 2 メジアン値を基準とした差分情報
 - 1 . 3 任意の二点間の差分情報
- 2 . 任意の二点間の差分情報の評価
 - 2 . 1 DW - MTM フィルタとの比較
 - 2 . 2 シュミレーションによる評価結果
- 3 . 任意の二点間における差分情報を用いたファジーフィルタ
- 4 . 適用例
 - 4 . 1 メンバーシップ関数のチューニング
 - 4 . 2 適用例数値結果
 - 4 . 3 適用例視覚評価
- 5 . まとめ

1 . Introduction

1 . 1 処理点信号値との差分情報



$$e(k, l) = | x(i+k, j+l) - x(i, j) |$$

(-M k, l M)

$$y(i, j) = \frac{\sum_{k=-M}^M \sum_{l=-M}^M w(k, l) \cdot x(i+k, j+l)}{\sum_{k=-M}^M \sum_{l=-M}^M w(k, l)}$$

$$w(k, l) = \begin{cases} 1 & : e(k, l) \leq \mu \\ 0 & : e(k, l) > \mu \end{cases}$$

1.2 メジアン値を基準とした差分情報

画像

+

ガウス雑音

+

インパルス雑音

処理点との差分 : インパルス性雑音の影響

インパルス性雑音の影響の除去

メジアンフィルタによる孤立信号の除去

メジアン値が基準

$$e_{\text{med}}(k, l) = | x(i+k, j+l) - y_{\text{med}}(i, j) |$$

(-Q k, l Q)

$$w(k, l) = \begin{cases} 1 & : e_{\text{med}}(k, l) \leq \mu \\ 0 & : e_{\text{med}}(k, l) > \mu \end{cases}$$

DW-MTM Filter

1.3 任意の二点間の差分情報

メジアン値の解釈

窓内信号全ての差分値の絶対値和が最小
窓内孤立点の判定が可能

混合雑音の除去

- 信号値の並べ替え 不要
- 差分情報のみ 利用

$$e(k, l, m, n) = | x(i+k, j+l) - x(i+m, j+n) |$$

(-Q k, l, m, n Q)

$$E(k, l) = 1/P^2 \left\{ \sum_{m=-Q}^Q \sum_{n=-Q}^Q e(k, l, m, n) \right\}$$

(P=2Q+1)

$$w(k, l) = \begin{cases} 1 & : E(k, l) \leq \mu \\ 0 & : E(k, l) > \mu \end{cases}$$

DTM Filter

2 . 任意の二点間の差分情報の評価

2 . 1 DW - MTMフィルタとの比較

評価関数

$$e_{\text{med}}(i, j) = \min_{\substack{m=-Q \dots Q \\ n=-Q \dots Q}} |x(i+m, j+n) - y_{\text{med}}(i, j)|$$

$$= y_{\text{med}}(i, j) - \min_{\substack{m=-Q \dots Q \\ n=-Q \dots Q}} |x(i+m, j+n) - y_{\text{med}}(i, j)|$$

$y_{\text{med}}(i, j)$ に近いほど値は小さい

$$e_{\text{med}}(k, l, m, n) = |x(i+k, j+l) - y_{\text{med}}(i, j)|$$

$$e_{\text{med}}(k_1, l_1, i, j) \quad \dots \quad e_{\text{med}}(k_{P2}, l_{P2}, i, j)$$

$$\{x(i+k_1, j+l_1)\} \quad \dots \quad \{x(i+k_{P2}, j+l_{P2})\}$$

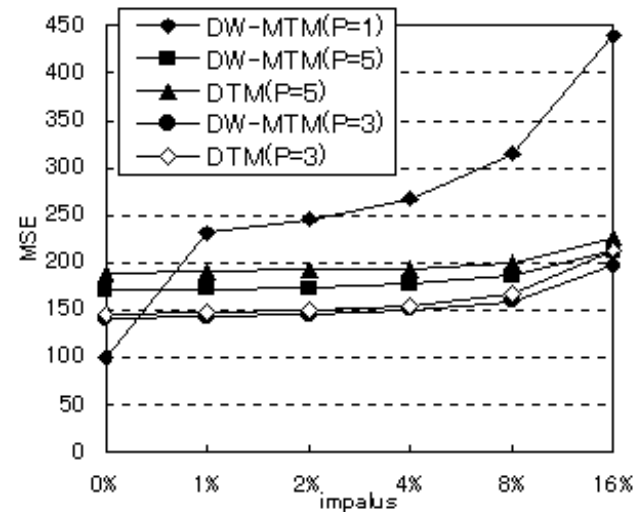
$$\{x(i+k, j+l)\} = P^2 \cdot E(k, l)$$

$e_{\text{med}}(k, l)$ と $E(k, l)$ との大小関係は等しい

2.2 シミュレーションによる評価結果

処理対象画像 Lena

ガウス性雑音 分散 400
インパルス性雑音 (0 ~ 16%)



DW-MTM フィルタと 任意の二点間による差分情報を利用したフィルタとの比較

3 . 任意の二点間における差分情報を利用した ファジーフィルタ

データ依存型フィルタの性能

処理点近傍の入力信号（局所情報）の正確さに左右

複数の観測量からフィルタ係数を導出

- 任意の二点間における差分情報

$$e(k, l, m, n) = |x(i+k, j+l) - x(i+m, j+n)|$$

$$E(k, l) = \frac{1}{P^2} \left\{ \sum_{m=-Q}^Q \sum_{n=-Q}^Q e(k, l, m, n) \right\}$$

(P=2Q+1)

値が
同じ程度

- 距離情報

$$d(k, l) = \frac{\sqrt{k^2 + l^2}}{2 \sqrt{2}}$$

複数の観測量の考慮

ファジー推論によるフィルタ係数の決定

$E(k, l)$ (差分値の絶対値和) 大 ←————→ 小

(k, l) の孤立点 大 ←————→ 小

インパルス性雑音の影響度 大 ←————→ 小

処理点 $E(0, 0)$ $\left(\begin{array}{l} \text{大} \quad \text{任意の窓内信号との差分値の絶対値和} \\ \quad \quad \quad E(k, l) , d(k, l) \\ \text{小} \quad \text{処理点基準の差分情報} \\ \quad \quad \quad e(k, l, m, n) , d(k, l) \end{array} \right.$

ファジールール

if $E(0,0)$ is $\{ S \}$ &
 $e(k,l,0,0)$ is $\{ S,M,L \}$ and $d(k,l)$ is $\{ N,NF,F \}$

then $W(k,l)$ is W_i ($i=1-9$)

if $E(0,0)$ is $\{ L \}$ &
 $E(k,l)$ is $\{ S,M,L \}$ and $d(k,l)$ is $\{ N,NF,F \}$

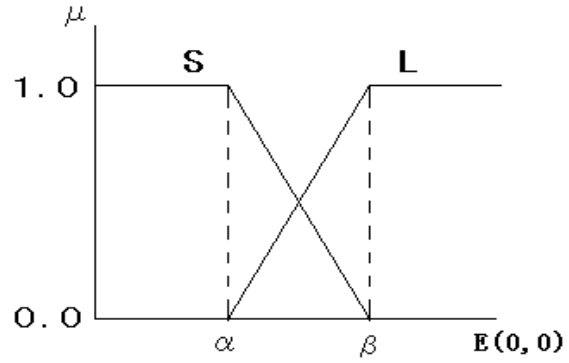
then $W(k,l)$ is W_i ($i=10-18$)

S:Small , M:Medium , L:Large
 N:Near , NearFar , Far

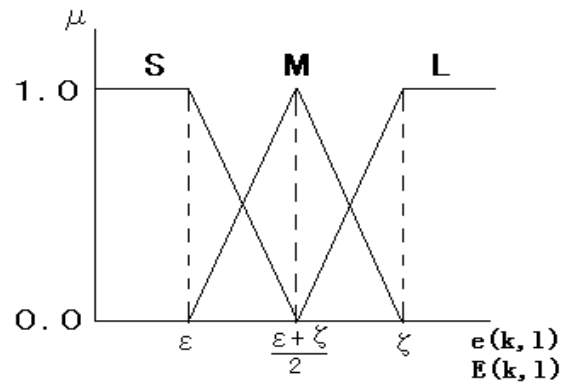
ルールテーブル

	E(0,0) : Small			E(0,0) : Large		
	e(k,l,0,0)			E(k,l)		
d(k,l)	Small	Medium	Large	Small	Medium	Large
Near	W1:1.00	W4:0.50	W7:0.25	W10:1.00	W13:0.50	W16:0.25
NearFar	W2:0.75	W5:0.50	W8:0.00	W11:0.75	W14:0.50	W17:0.00
Far	W3:0.50	W6:0.25	W9:0.00	W12:0.50	W15:0.25	W18:0.00

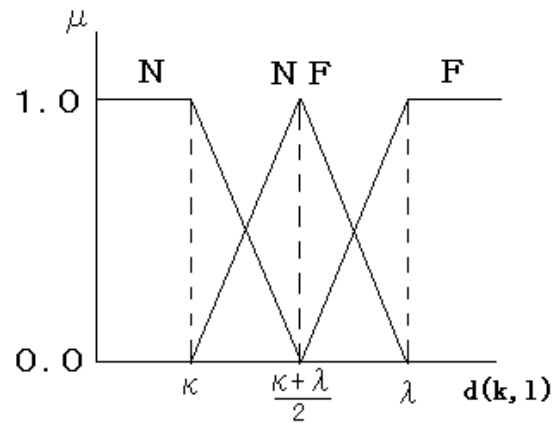
メンバーシップ関数



$E(0,0)$ メンバーシップ関数



$e(k,1)$, $E(k,1)$ の
メンバーシップ関数



$d(k,1)$ メンバーシップ関数

4 . 適用例

4 . 1 メンバーシップ関数のチューニング

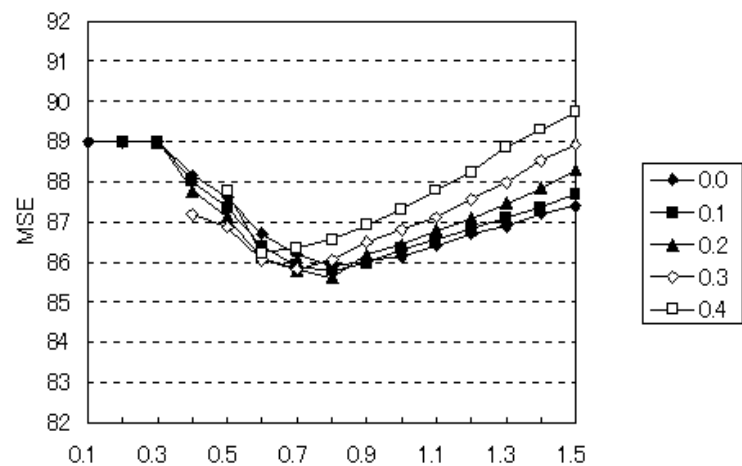
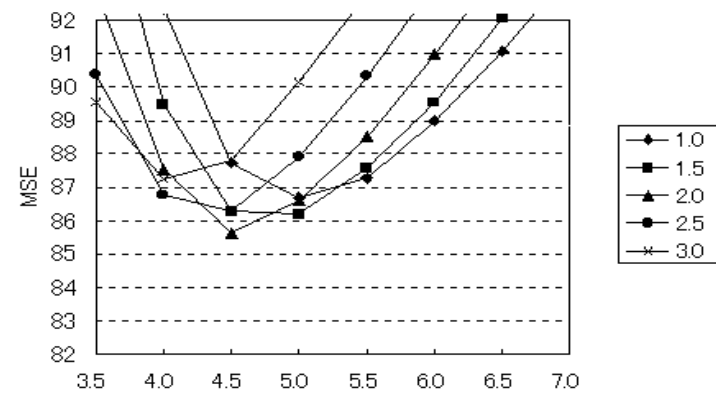
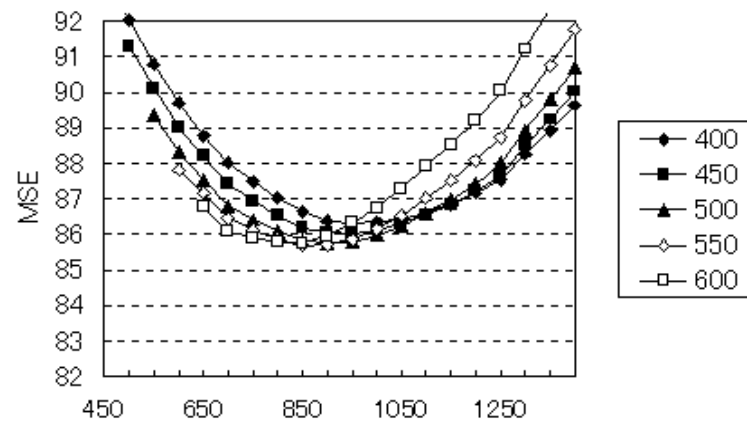
- ・ ファジー集合のチューニング

実験的手法

画像 : レナ

加法雑音 : ガウス性雑音 (分散 100, 1600)

インパルス性雑音 (4%, 8%)



チューニング結果

$E(0,0)$ のチューニング結果

$$=\{ 450 \sim 550 \} \quad =\{ 600 \sim 850 \} \quad (<)$$

$e(k, l, 0, 0)$ のチューニング結果

$$=\{ 0.5 \sim 1.5 \} \quad =\{ 5.0 \sim 6.0 \} \quad (<)$$

$d(k, l)$ のチューニング

$$=\{ 0.1 \sim 0.2 \} \quad =\{ 0.7 \sim 2.5 \} \quad (<)$$

提案手法パラメータの決定

$E(0,0)$	=550	=850
$e(k, l, 0, 0)$	=1.5	=5.0
$d(k, l)$	=0.0	=2.5

5 . まとめ

- 二点間の差分情報を考慮することで、
混合雑音除去が可能
- ファジー推論を介して複数の観測量から
フィルタ係数を導出

フィルタのロバスト性