

画像情報システム

第3回 空間フィルタ

木更津高専情報工学科 和崎

1. 空間フィルタ

- ある注目画素とその近傍画素で演算を行う
 - オペレータの種類によって様々な効果
 - 画素値の更新は**原画像を保存しながら**行うこと！

例: 3×3 の近傍領域について

$g[i, j]$: 注目画素の更新値, $f[i+k, j+l]$: 更新前の濃度値, $a[k, l]$: オペレータ

$$g[i, j] = \sum_{l=-1}^1 \sum_{k=-1}^1 f[i+k, j+l] \cdot a[k, l]$$

$f[i-1, j-1]$	$f[i, j-1]$	$f[i+1, j-1]$
$f[i-1, j]$	$f[i, j]$	$f[i+1, j]$
$f[i-1, j+1]$	$f[i, j+1]$	$f[i+1, j+1]$

原画像の注目画素と近傍画素

$a[-1, -1]$	$a[0, -1]$	$a[1, -1]$
$a[-1, 0]$	$a[0, 0]$	$a[1, 0]$
$a[-1, 1]$	$a[0, 1]$	$a[1, 1]$

作用させるオペレータ

2. フィルタリング時の注意点

- 原画像を保存しつつ、処理画像を生成する
 - 原画像を変更しながら処理をすると、処理手順で結果が異なってしまうので注意
- フィルタウィンドウ内に画像外領域が含まれるとき
 - 適当な値を仮定してフィルタリング(単調な画像の場合)
 - 一定値にする, 端の画素を延長する, ...など
 - ウィンドウを小さくして対応する(合理的)
 - 3×3 なら、角は 2×2 、端は 2×3 または 3×2
 - 処理をあきらめる
 - 3×3 なら、1画素分内側しかフィルタリングを行わない

3. ノイズの種類

- 画像に重畳するノイズは様々(以下は一例)
 - インパルス性ノイズ(ごま塩ノイズ)
 - ランダムな位置に大振幅(最大値や最小値)のノイズ
 - モノクロでは白と黒の点として知覚
 - **メディアンフィルタが基本**
 - ランダムノイズ
 - ランダムな位置にランダムな振幅のノイズ
 - 除去が難しい
 - ガウス性ノイズ
 - 全ての画素にのる
 - ノイズの振幅はガウス分布(正規分布)に従う
 - **平均値フィルタが基本**

原
画
像
→



イン
パ
ル
ス
性
→



ラン
ダム
→



ガ
ウ
ス
性
→



4. 平滑化フィルタ(1)

- 平均値フィルタ

- 注目画素と周辺画素の荷重平均をとる
 - a の各要素値が荷重を表す
 - 代表的なパターンはすべて1
- 画像が全体的にぼやける
- ごま塩ノイズには無力

1	1	1
$n+N$	$n+N$	$n+N$
1	n	1
$n+N$	$n+N$	$n+N$
1	1	1
$n+N$	$n+N$	$n+N$

N は
周辺の
画素数

ぼやけ:大
ノイズ:小

n の値
小 ← → 大

ぼやけ:小
ノイズ:大



$n=1$



$n=8$

対ガウス性ノイズ




$n=1$

対インパルス性ノイズ

5. 平滑化フィルタ(2)

- メディアンフィルタ
 - 濃度値順に並べて、その中央値をとる
 - 画素数が偶数のときは、中央の2値の平均
 - インパルス性ノイズに有効
 - ガウス性ノイズには大きな効果はない



インパルス性  ノイズ



ガウス性ノイズ



6. 画像の微分

- 画像の微分は特徴抽出の基本
 - 境界(エッジ)、方向(縦、横、斜め)、平面(等輝度、等色)など
- 画像の微分
 - X方向の微分: $\Delta_x f = f[i+1, j] - f[i-1, j]$
 - Y方向の微分: $\Delta_y f = f[i, j+1] - f[i, j-1]$
 - 勾配の大きさ: $g[i, j] = \sqrt{(\Delta_x f)^2 + (\Delta_y f)^2}$
または $g[i, j] = |\Delta_x f| + |\Delta_y f|$ $g[i, j] = \max(|\Delta_x f|, |\Delta_y f|)$
 - 勾配の方向: $\theta[i, j] = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta_y f}{\Delta_x f} \right)$
 - 斜め方向の微分: $\Delta_u f = f[i-1, j-1] - f[i+1, j+1]$
(Robertsフィルタ) $\Delta_v f = f[i-1, j+1] - f[i+1, j-1]$

7. 微分フィルタ

- オペレータによるフィルタ

- エッジ検出フィルタ

- Prewitt(プレビット)フィルタ、Sobel(ゾーベル)フィルタ
 - 近傍領域まで拡張してノイズ耐性を向上

- 線検出フィルタ

- 調べたい形状に1を並べれば、任意の形状検出ができる

1	0	-1	1	1	1	1	0	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1
1	0	-1	0	0	0	2	0	-2	0	0	0	0	-1	1	-1	1	1
1	0	-1	-1	-1	-1	1	0	-1	-1	-2	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1
Δ_x			Δ_y			Δ_x			Δ_y			縦線			横線		
Prewittフィルタ						Sobelフィルタ						線検出フィルタ					

8. ラプラシアンフィルタ

- 関数 $f(x, y)$ に対するラプラシアン

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$



$$\nabla^2 f = f[i-1, j] + f[i+1, j] + f[i, j-1] + f[i, j+1] - 4f[i, j]$$

- エッジの下端と上端で正と負のピーク、エッジの上でゼロクロスする

- 先鋭化

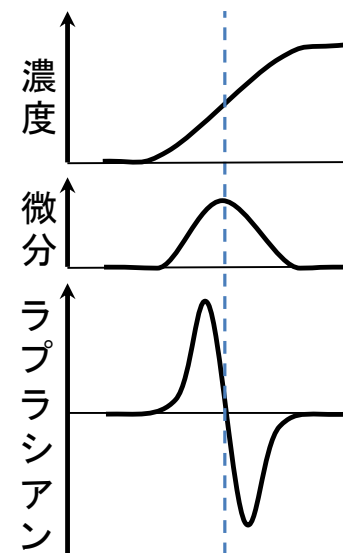
- ラプラシアンによりエッジを強調

$$\nabla^2 f = 5f[i, j] - (f[i-1, j] + f[i+1, j] + f[i, j-1] + f[i, j+1])$$

先鋭化
オペレータ



0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0



0	1	0
1	-4	1
0	1	0

ラプラシアン
オペレータ

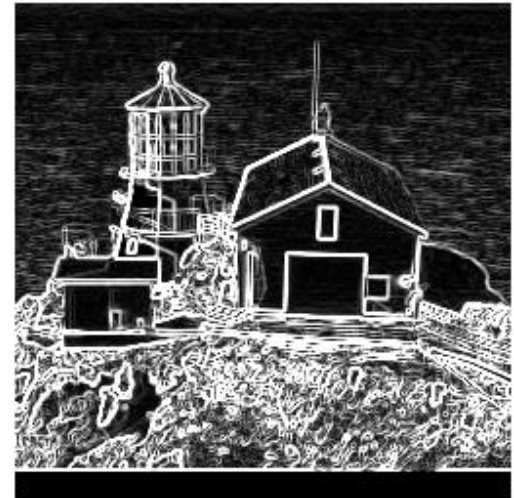
9. 各フィルタの実行例



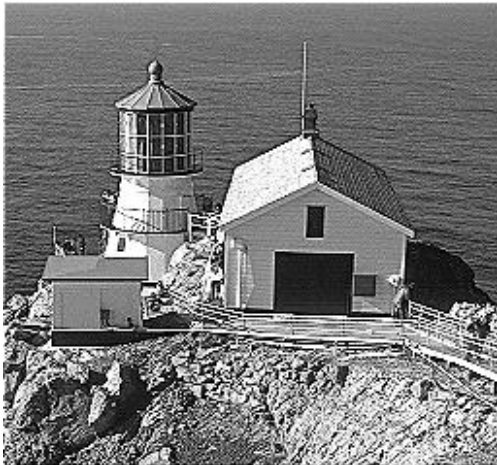
標準画像(Lighthouse)



Prewittフィルタ



Sobelフィルタ



先鋭化



ラプラシアンフィルタ

課題

- 課題9
 - 入力画像を平均値フィルタ処理する($n=5$ 、 N は領域の大きさで変化)
- 課題10
 - 入力画像をメディアンフィルタ処理する
- 課題11
 - 入力画像をPrewittフィルタ処理する(大きさ: $g[i, j] = \sqrt{(\Delta_x f)^2 + (\Delta_y f)^2}$)
- 課題12
 - 入力画像をSobelフィルタ処理する(大きさ: $g[i, j] = \sqrt{(\Delta_x f)^2 + (\Delta_y f)^2}$)
- 課題13
 - 入力画像をラプラシアンフィルタ処理する(出力値に128を加えること)
- 課題14
 - 入力画像を先鋭化する

※注意

- 全ての課題の処理ウィンドウサイズは 3×3 とする
- 課題9、10は画像領域内の値だけで処理を行う
- 課題11～14は画像領域外の値を0として処理を行う
- 出力値は0～255となるように処理すること

追加課題

- 追加1: 雑音検出器によるノイズ除去(入力画像はNo.10)
 - 局所領域(5×5)のメディアン値を $m(x,y)$ 、処理画素の濃度値を $d(x,y)$ とすると、以下でノイズ判別
$$\begin{cases} m(x,y) - T < d(x,y) < m(x,y) + T & : \text{ノイズでない} \\ \text{others} & : \text{ノイズ} \end{cases}$$
 - 雑音検出画像を作成せよ(雑音でない: 黒、雑音: 白)
 - 雑音検出画像をもとにして、雑音検出画素のみメディアンフィルタ(3×3)で雑音を除去した画像を作成せよ
- 追加2: ガウシアンフィルタの作成(入力画像はNo.9)
 - $d(x,y)$ 周辺領域N内の濃度値を $d(x',y')$ とすると
$$\begin{cases} d(x,y) = \frac{1}{C} \sum_N \exp\left(\frac{-\{(x'-x)^2 + (y'-y)^2\}}{2\sigma_d^2}\right) d(x',y') \\ C = \sum_N \exp\left(\frac{-\{(x'-x)^2 + (y'-y)^2\}}{2\sigma_d^2}\right) \end{cases}$$
 - 但し、 $\sigma_d=2$ として領域Nの大きさは13×13とする
 - 画像領域外は処理から外すこと