デジタルメディア処理1

担当: 井尻 敬

スケジュール

09/26 イントロダクション1：デジタル画像とは，量子化と標本化，Dynamic Range
10/03 イントロダクション2：デジタルカメラ，人間の視覚，表色系
10/10 フィルタ処理1：トーンカーブ，線形フィルタ
10/17 フィルタ処理2：非線形フィルタ，ハーフトーニング
10/24 フィルタ処理3：離散フーリエ変換と周波数フィルタリング
11/07 前半のまとめと中間試験
11/14 画像処理演習：python入門 （演習室）
11/21 画像処理演習：フィルタ処理（演習室）
11/28 画像処理演習：フィルタ処理（演習室）
12/05 画像処理演習：フィルタ処理（演習室）
12/12 画像の幾何変換１：アファイン変換
12/19 画像の幾何変換２：画像の補間
01/16 画像復元：ConvolutionとDe-convolution（変更する可能性有り）
01/23 後半のまとめと期末試験

フィルタ処理2：非線形フィルタ，ハーフトーニング

達成目標
- 非線形フィルタ処理の計算法と効果を説明できる.
- ハーフトーン処理の計算法と効果を説明できる

Contents
- 線形フィルタの復習
- 非線形フィルタ
- ハーフトーニング

復習：空間フィルタ（線形）

空間フィルタ（非線形）

準備:平均と分散

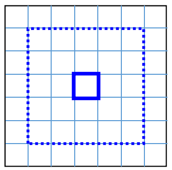
実数値の集合 $\{x_i | i = 1, \dots, N\}$ が与えられたとき、

その平均は $\mu = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i$， 分散は$\sigma^2 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \mu)^2$ で与えられる

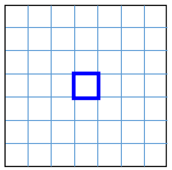
1. 以下の集合の平均と分散を求めよ
   {3,0,3,5,4,3,5,1}

2. 以下の集合AとBどちらが分散が大きい
   A: {3,4,3,4,3,2,2}， B: {3,5,3,5,3,1,1}

エッジ保存平滑化フィルタ



入力画像

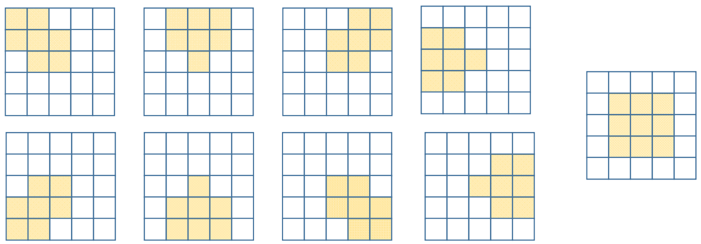


出力画像

- 線形平滑化フィルタでは，
  画素(*i*, *j*)を計算するため周囲の
  画素の重み付和を計算した

1/25	1/25	1/25	1/25	1/25
1/25	1/25	1/25	1/25	1/25
1/25	1/25	1/25	1/25	1/25
1/25	1/25	1/25	1/25	1/25
1/25	1/25	1/25	1/25	1/25

- エッジ保存平滑化フィルタでは、以下9種の領域を考え，
  一番分散の小さな領域の平均値を、その画素の値とする



中央値フィルタ(Median filter)

- 中央値 (median)とは…

数字の集合の代表値

数字の小さい順に並べ、ちょうど中央に位置する値

入力：6, 2, 1, 5, 3, 12, 1000

平均：1/7 x (6+2+1+5+3+12+1000) = 147

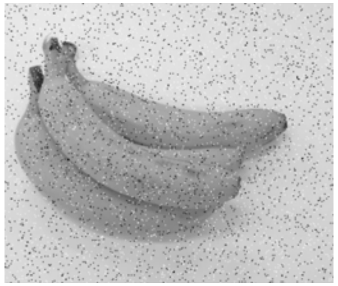
中央値： 1, 2, 3, 5, 6, 12, 1000 → 5

中央値と平均値は，用途によって使い分ける

→ 年収など、外れ値の影響が大きい対象には中央値を

中央値フィルタ(Median filter)

ImageJ
Process>Filters>Gaussian Blur
Process>Filters>median



Salt &pepper noise image

Gaussian Blur

Median filter

+ 画素(*i,j*)を中心とする 幅*h*の窓内の中央値を新しい画素値とする
+ 外れ値（スパイクノイズ）を除去出来る
+ 特徴(エッジ)をある程度保存する

バイラテラルフィルタ

画像中の領域の境界(強いエッジ)をまたがずに平滑化

単純な平滑化 **元画像** **特徴保存平滑化**

(Gaussian filter) (bilateral filter)

画像の出典
[© Shin Yoshizawa]

バイラテラルフィルタ

ImageJ
Plug in>Process > Bilateral Filters

Original image

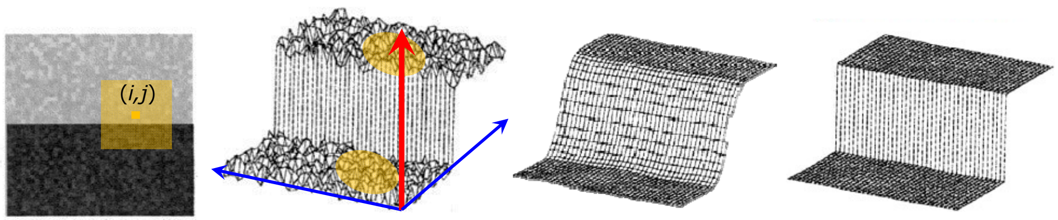
Bi-Lateral Filer
Spatial radi:3
Range radi:50

Bi-Lateral Filer
Spatial radi:5
Range radi:80

ブラー効果により顔の”あら”が消える
輪郭が保持されるのでフィルターをかけたことに気づきにくい
あまり強くかけすぎると不自然な画像になる

バイラテラルフィルタ

最も有名な特徴保存フィルタの１つ
空間的距離だけでなく、画素値の差を利用して重み計算



入力画像

Bilateral空間
+ 位置空間
+ 値空間

Gaussian filter
位置空間の距離で重み付け
（遠いほど重みを小さく）

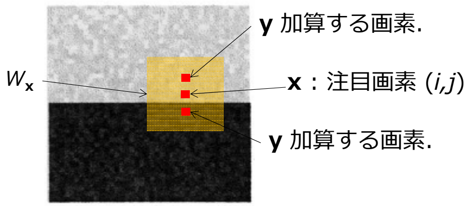
Bilateral filter
Bilateral空間の距離で重み付け
（遠いほど重みを小さく）

画像の出典 [CG-Arts協会 ディジタル画像処理 図5.37]

バイラテラルフィルタ

$$I_{new}(\mathbf{x}) = \frac{\sum_{\mathbf{y}\in W_\mathbf{x}} h(\mathbf{x},\mathbf{y})\, I(\mathbf{y})}{\sum_{\mathbf{y}\in W_\mathbf{x}} h(\mathbf{x},\mathbf{y})}$$

x ：注目画素位置
y ：局所窓内の画素位置
$W_\mathbf{x}$: **x**が中心の局所窓



※ 『カーネルh』は窓内の
画素値に依存するので
線形フィルタではない

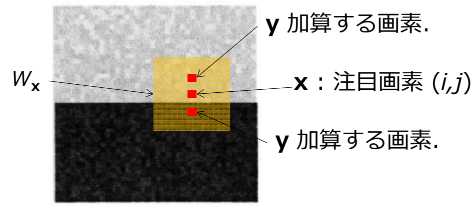
Gaussian filter：$h(\mathbf{x},\mathbf{y}) = G_s(|\mathbf{x}-\mathbf{y}|)$

Bilateral filter：$h(\mathbf{x},\mathbf{y}) = \underbrace{G_s(|\mathbf{x}-\mathbf{y}|)}_{\text{Spatial Kernel}} \cdot \underbrace{G_h(|I(\mathbf{x})-I(\mathbf{y})|)}_{\text{Intensity Kernel}}$

バイラテラルフィルタ

$$I_{new}(\mathbf{x}) = \frac{\sum_{\mathbf{y}\in W_\mathbf{x}} h(\mathbf{x},\mathbf{y})\, I(\mathbf{y})}{\sum_{\mathbf{y}\in W_\mathbf{x}} h(\mathbf{x},\mathbf{y})}$$

x ：注目画素位置
y ：局所窓内の画素位置
$W_\mathbf{x}$: **x**が中心の局所窓



※ 『カーネルh』は窓内の
画素値に依存するので
線形フィルタではない

Gaussian filter：

$h(\mathbf{x},\mathbf{y}) = G_s(|\mathbf{x}-\mathbf{y}|)$

Bilateral filter：

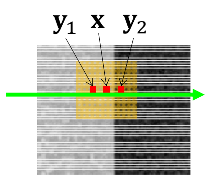
$h(\mathbf{x},\mathbf{y}) = \underbrace{G_s(|\mathbf{x}-\mathbf{y}|)}_{\text{Spatial Kernel}} \cdot \underbrace{G_h(|I(\mathbf{x})-I(\mathbf{y})|)}_{\text{Intensity Kernel}}$

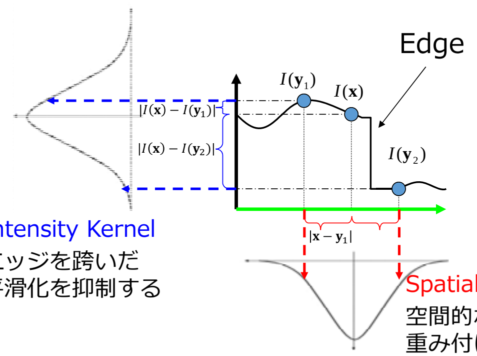
G_σは標準偏差σのガウス関数

バイラテラルフィルタ

注目画素位置　$\mathbf{x} = (i,j)$
窓内の画素位置　$\mathbf{y} = (i+m, j+n)$

$$h(\mathbf{x},\mathbf{y}) = G_s(|\mathbf{x}-\mathbf{y}|) \cdot G_h(|I(\mathbf{x})-I(\mathbf{y})|)$$





Intensity Kernel
エッジを跨いだ
平滑化を抑制する

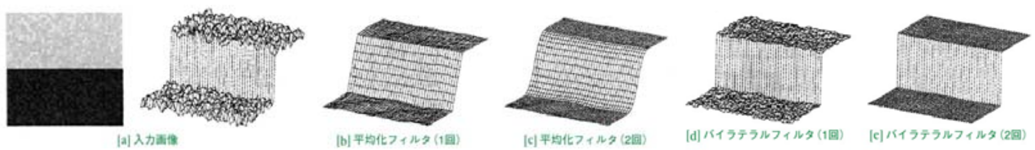
Spatial Kernel
空間的な近さで
重み付け

バイラテラルフィルタ（パラメタ）

$$h(\mathbf{x},\mathbf{y}) = G_s(|\mathbf{x}-\mathbf{y}|) \cdot G_h(|I(\mathbf{x})-I(\mathbf{y})|)$$

パラメータh：平滑化したい領域の輝度値の標準偏差の 0.5-2.0倍程度をよく用いる
複数回適用すると良い結果が出やすい
カラー画像はチャンネル毎でなく、以下を用いて同じ重みを利用するとよい

$$|\mathrm{I}(\mathbf{x}) - \mathrm{I}(\mathbf{y})| = \left|\begin{pmatrix} R(\mathbf{x}) - R(\mathbf{y}) \\ G(\mathbf{x}) - G(\mathbf{y}) \\ B(\mathbf{x}) - B(\mathbf{y}) \end{pmatrix}\right|$$



画像の出典 [CG-Arts協会 ディジタル画像処理 図5.37]

まとめ：空間フィルタ（非線形）

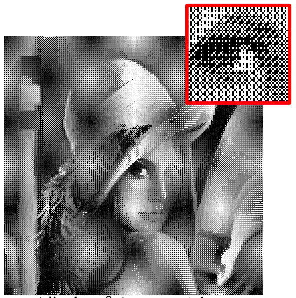
- エッジ保存効果のあるフィルタを紹介した
  - エッジ保存平滑化
  - メディアンフィルタ
  - バイラテラルフィルタ
- 線形フィルタと比べ計算量は大きいが、特殊な効果が得られる


画像の出典[©Shin Yoshizawa]

ハーフトーン処理

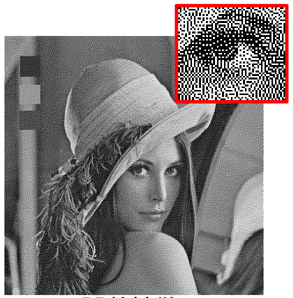
ハーフトーン処理

- グレースケール画像を白黒2値画像で表現する手法
- ドットパターンにより濃淡を表現する.
- 十分細かなドットパターンは，人の目に濃淡として認識される



濃度パターン法

ティザ法

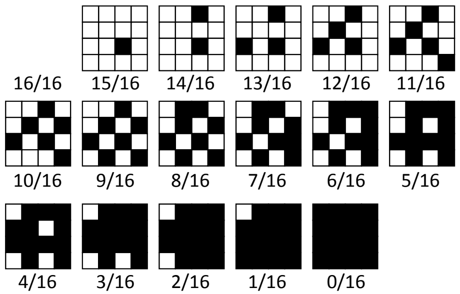


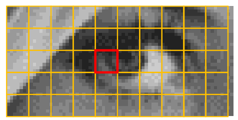
誤差拡散

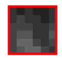
濃度パターン法

1. 元画像を4X4のブロックに分割
2. 各ブロックの平均輝度値を計算
3. 各ブロックについて似た平均輝度値をもつパターンを選択し，置き換える

※ブロックのサイズは変更可（今回は4x4）

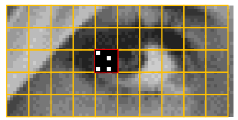


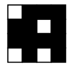


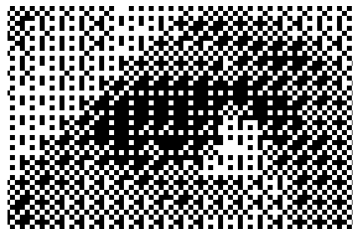


4x4のブロック

平均画素値：73.0
[0,1]に正規化: 0.286
4/17~5/17の範囲なので
パターン4を採用する

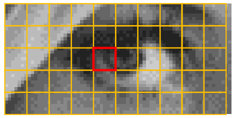






欠点：繰り返しパターンが目立つ

ディザ法



1. 元画像を4X4のブロックに分割
2. 4X4のディザパターンを用意
3. 各ブロックの画素においてティザパターンと比較
   ティザパターンの値以上　　　->白
   ティザパターンの値より小さい ->黒

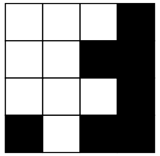
※比較する際，画像の画素値を[0,255]から[0,16]に変更しておく

0	8	2	10
12	4	14	6
3	11	1	9
15	7	13	5

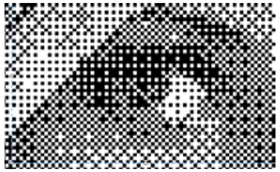
ティザパターン

10	8	2	5
11	7	8	3
9	8	6	4
12	11	6	2

4x4のブロック
[0,16]に変換済み



出力パターン



欠点：繰り返しパターンが目立つ

誤差拡散法

- 左上からラスタスキャンし一画素ずつ以下の通り2値化する
- 注目画素の画素値がIのとき

1. 二値化処理

I > 127 → 注目画素を白に
I ≦ 127 → 注目画素を黒に

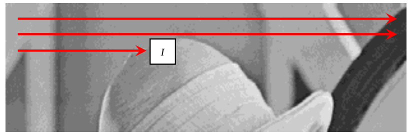
2. 誤差拡散

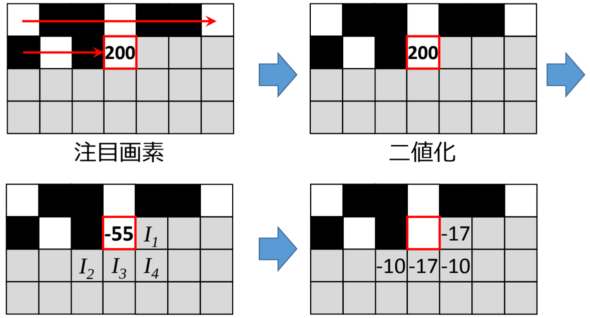
上の二値化で以下の誤差eが発生した

I > 127 → e = I - 255
I ≦ 127 → e = I - 0

この誤差を隣接画素 I_1, I_2, I_3, I_4分配
(画素値を変化させる)

$$I_1 \leftarrow I_1 + \frac{5}{16},\quad I_2 \leftarrow I_2 + \frac{3}{16},$$
$$I_3 \leftarrow I_3 + \frac{5}{16},\quad I_4 \leftarrow I_4 + \frac{3}{16}$$





注目画素　二値化

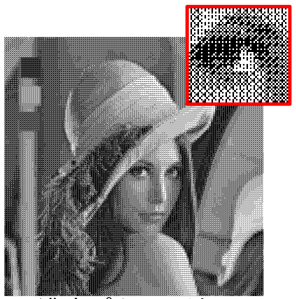
誤差拡散する隣接画素　誤差拡散し画素値を変更

まとめ：ハーフトーン処理

- グレースケール画像を白黒2値画像で表現する手法

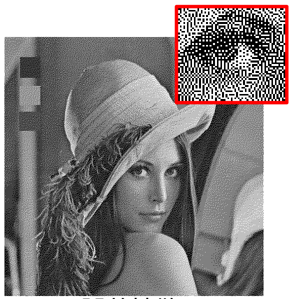
濃度パターン法：ブロックの輝度値を利用しパターンで置き換える
ティザ法　：ブロック内でティザパターンと画素値を比較し二値化
誤差拡散法　：ラスタスキャンし二値化する．発生した誤差を利用し隣接画素の画素値を変更する

- プログラミング演習で実装します



濃度パターン法

ティザ法



誤差拡散

時間が余ったら フーリエ変換の準備部分をやります