デジタルメディア処理2

担当: 井尻 敬

デジタルメディア処理２、2017（前期）

~~4/13　デジタル画像とは　：イントロダクション~~

4/20　フィルタ処理1　　：画素ごとの濃淡変換、線形フィルタ，非線形フィルタ
4/27　フィルタ処理2　　：フーリエ変換，ローパスフィルタ，ハイパスフィルタ
5/11　画像の幾何変換１：アファイン変換
5/18　画像の幾何変換２：画像の補間，イメージモザイキング
5/25　画像領域分割　　：領域拡張法，動的輪郭モデル，グラフカット法，
6/01　**前半のまとめ (約30分)と中間試験（約70分）**
6/08　特徴検出1　　：テンプレートマッチング、コーナー・エッジ検出
6/15　特徴検出2　　：DoG特徴量、SIFT特徴量、ハフ変換
6/22　画像認識1　　：パターン認識概論，サポートベクタマシン
6/29　画像認識2　　：ニューラルネットワーク、深層学習
7/06　画像符号化1　　：圧縮率，エントロピー，ランレングス符号化，MH符号化
7/13　画像符号化2　　：DCT変換，ウエーブレット変換など
7/20　**後半のまとめ (約30分)と期末試験（約70分）**

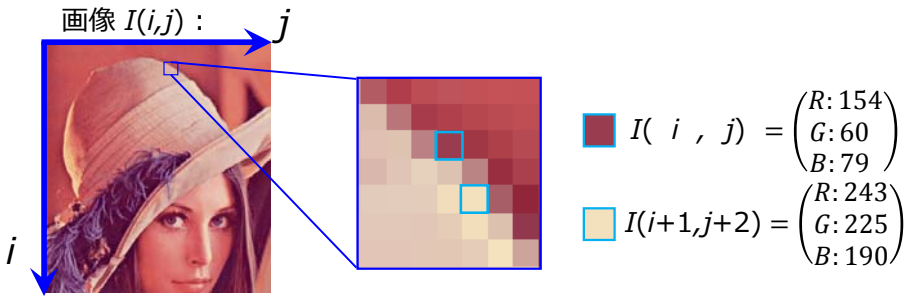
Contents：フィルタ処理

- デジタル画像とは (復習)
- トーンカーブ
  - 反転, 二値化, ポスタリゼーション, ソラリゼーション, ガンマ変換, カラー画像
- 空間フィルタ（線形）
  - 平滑化フィルタ, ソーベルフィルタ，ガウシアンフィルタ，ラプラシアンフィルタ
- 空間フィルタ（非線形）
  - メディアンフィルタ，バイラテラルフィルタ

デジタル画像のフィルタリング

デジタル画像：カラー画像

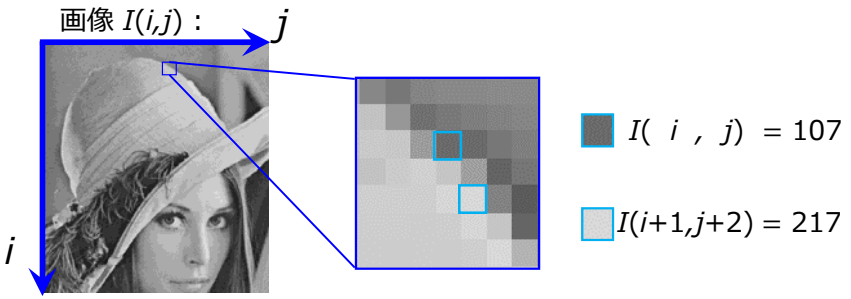
- 離散値を持つ画素が格子状に並んだデータ
- 画素：pixel= picture + element
- 例 24bit bitmap :各pixelが(R,G,B)毎に整数値[0,255]を持つ



※原点位置は左下のことも

デジタル画像：グレースケール画像

- 離散値を持つ画素が格子状に並んだデータ
- 画素：pixel= picture + element
- 例 8bit bitmap :各pixelが整数値[0,255]を持つ



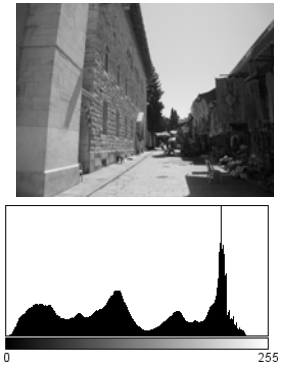
※原点位置は左下のことも

『頻度表（ヒストグラム）』とは

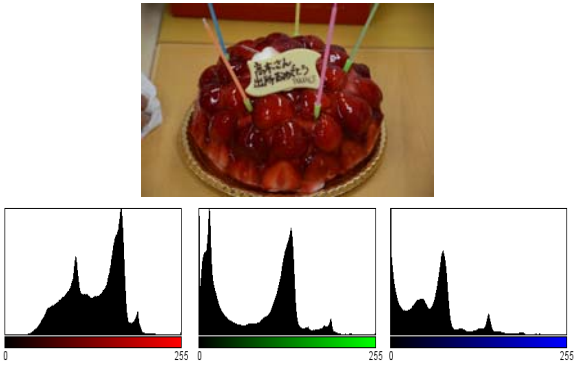
各階調の画素数を数えた表のこと

回転や平行移動に依存しない特徴量 → 画像処理に頻出

グレースケール画像

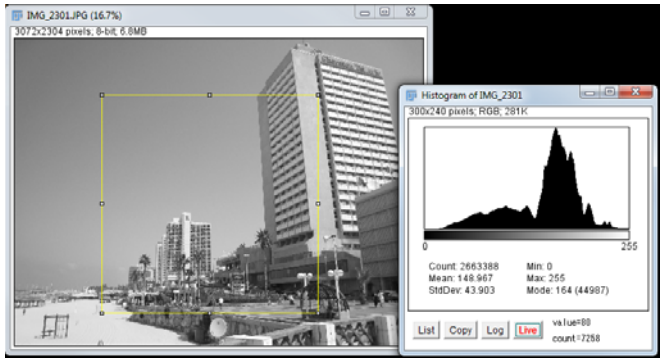


RGBカラー画像



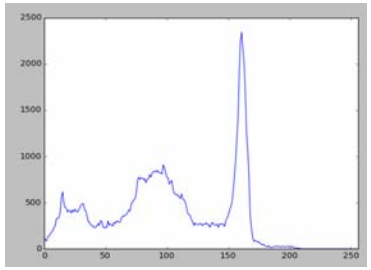
ImageJでヒストグラムを確認してみる

1. ImageJ 起動
2. 画像読み込み
3. Menu > analyze > histogram
4. LiveをOnにすると矩形選択した領域のヒストグラムを確認可能

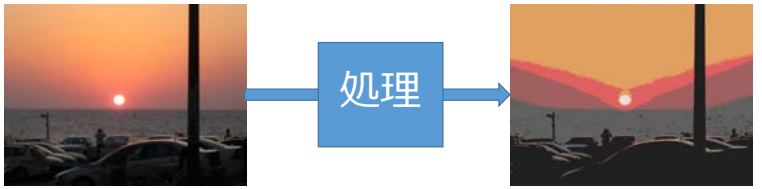


```
import numpy as np
import pylab as plt
import cv2
import itertools
#画像読み込み & グレースケール化
img     = cv2.imread("imgs/sample.png")
img_gry = cv2.cvtColor( img,
cv2.COLOR_BGR2GRAY )

#histogram生成
hist = np.zeros(256)
for y in range(img_gry.shape[0]):
    for x in range(img_gry.shape[1]):
        hist[ img_gry[y,x] ] += 1

#windowを生成して画像を表示
cv2.imshow("Image", img_gry )

#histをmatplotlibで表示
plt.plot(hist)
plt.xlim([0,256])
plt.show()
```

ヒストグラムの計算：histograpm.py



デジタル画像のフィルタリング



入力画像に対し何らかの計算処理を施し…

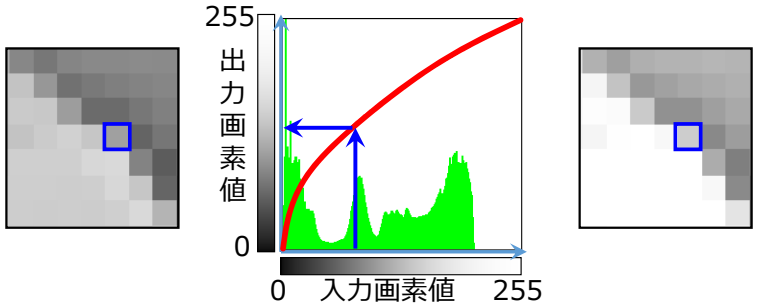
- 特定の周波数を持つ信号を強調する・捨てる (ノイズ除去)
- アーティスティックな効果を得る
- 画像処理（ステレオ視・領域分割・識別器）に必要な特徴ベクトルを得る

トーンカーブ

CToneCurve.exe (C++)
Image>Adjust>Window/Level (ImageJ)

トーンカーブ

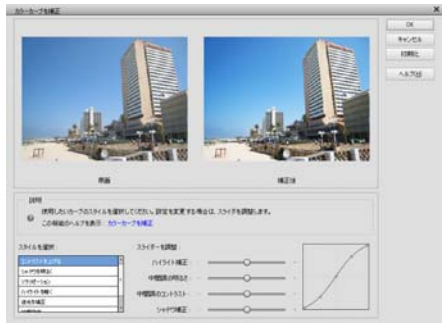
- 入力画像は8bit グレースケールとする
- 各画素の値を異なる値に変換する**階調変換関数**を考える
- 階調変換関数をグラフで表現したものを**トーンカーブ**と呼ぶ



トーンカーブは写真編集の基本ツール

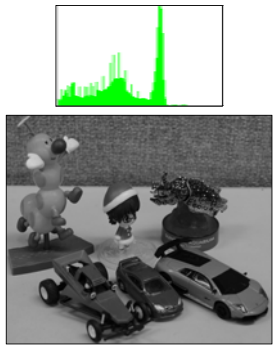
GIMP

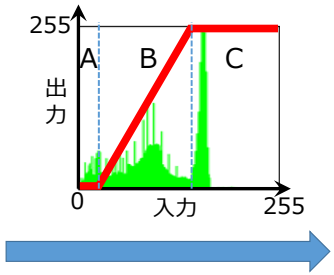
ImageJ: 自由編集でないのでちょっと違うけど

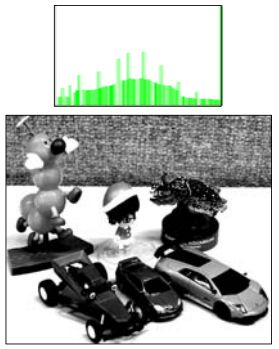


PhotoShop Elements カラーカーブ
使いやすいように自由度の限定されたトーンカーブのようなもの
Photoshop CSにはトーンカーブがある（あった）

トーンカーブ: コントラストを上げる

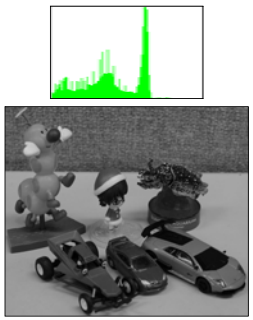


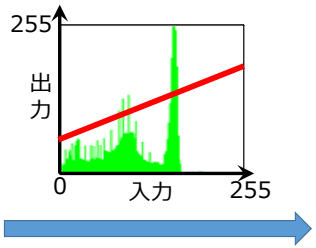


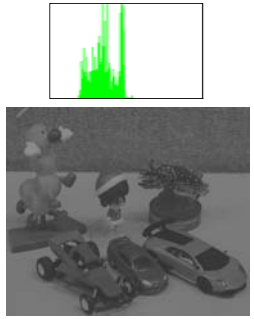


- 領域A：出力画素値0となり黒つぶれ
- 領域C：出力画素値255となり白飛び
- 領域B：傾きが1より大きいため、画素値の取り得る範囲が広がりコントラストが上がる
  画素値は離散値であるため出力ヒストグラムは飛び飛びに

トーンカーブ: コントラストをさげる







- 傾きが1より小さいため、出力画素値の取り得る範囲が縮まり、コントラストが下がる

トーンカーブ：特殊効果

元画像

ネガポジ反転

ポスタリゼーション

出力の色数を
極端に減らす

二値化

閾値より下は0
閾値以上は255

ソラリゼーション

上記のような
曲線を指定

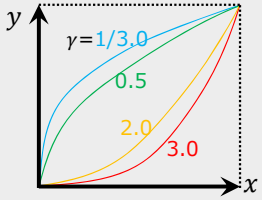
※実装が間に合わず手書きで曲線を与えました。
※本来は関数で与えるべき

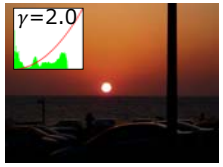
トーンカーブ：ガンマ補正

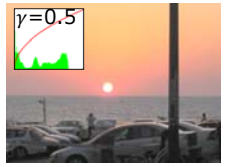
次のトーンカーブを利用した濃淡変換をガンマ変換と呼ぶ

$$y = 255\left(\frac{x}{255}\right)^{\gamma}$$

x：入力値 [0,255]
y：出力値 [0,255]
γ：パラメータ (>0)







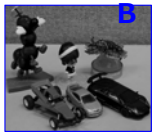
※ RGB各チャンネルにガンマ補正を適用

※ 画像出力デバイスには『 出力値 = (入力値)$^{\gamma}$』 と言う関係があり、この特性を補正する目的で上記の関数が用いられていた。これを画像の補正に利用したのがガンマ変換

トーンカーブ：カラー画像への適用

カラー画像をトーンカーブで編集するとき …
- RGBの各チャンネルにトーンカーブの画素値変換を適用
- YCbCr Colorに変換し輝度値成分（Y）のみに変換を適用
- その他

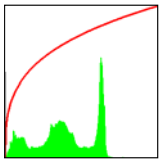
RGB color



YCbCr color
輝度/青み/赤み

トーンカーブ：カラー画像への適用

入力画像



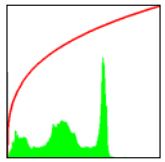
γ=0.3
のガンマ変換

RGB各チャンネル

YCbCrの輝度Yのみ

トーンカーブ：カラー画像への適用

入力画像



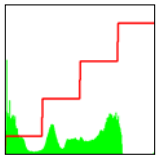
γ=0.3
のガンマ変換

RGB各チャンネル

YCbCrの輝度Yのみ

トーンカーブ：カラー画像への適用

入力画像



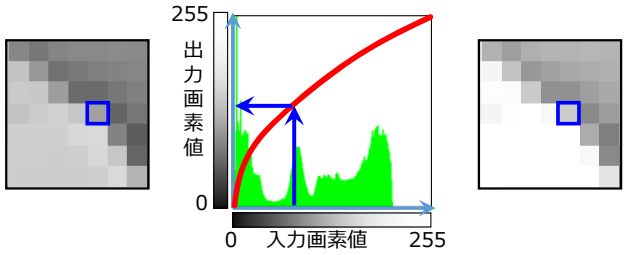
ポスタリゼーション

RGB各チャンネル

YCbCrの輝度Yのみ
（Cb・Crの階調数は減らない）

トーンカーブ：まとめ

- トーンカーブ：各画素の輝度値・色を変換する**階調変換関数**
- 画像の見栄えの編集に利用される
- キーワード: コントラスト変換・ネガポジ反転・ポスタリゼーション・ソラリゼーション・2値化・ガンマ補正d



空間フィルタ(線形)

LinaerFilter.exe (C++)
convolution1.py (python)
Process>Filters>Convolve (ImageJ)

```python
import numpy as np
import cv2
import itertools

def myConvolve(srcImg, filter) :
    H = srcImg.shape[0]
    W = srcImg.shape[1]
    R = int(filter.shape[0] / 2)
    trgtImg = np.zeros(srcImg.shape)

    for v, u in itertools.product(range(1,H-1),range(1,W-1)):
        pix = 0.
        for vv, uu in itertools.product(range(-R,R+1),range(-R,R+1)) :
            pix += filter[R + vv][R + uu] * srcImg[v+vv][u+uu]
        trgtImg[v][u] = min(255,max(0,abs(pix)))

    return np.uint8(trgtImg)

img = cv2.imread("imgs/lenaColCd.png")
img = cv2.cvtColor( img, cv2.COLOR_BGR2GRAY )

filter_smooth = np.array( [[ 1,  1,  1 ],[ 1.,1.,1.],[ 1.,1.,1.]])/9.0
filter_sobelV = np.array( [[-1.,-2.,-1.],[ 0.,0.,0.],[ 1.,2.,1.]])
filter_sobelH = np.array( [[-1.,  0.,  1.],[-2.,0.,2.],[-1.,0.,1.]])

img_smooth = myConvolve(img, filter_smooth )
img_sobelV = myConvolve(img, filter_sobelV )
img_sobelH = myConvolve(img, filter_sobelH )

cv2.imshow("original  ", img        )
cv2.imshow("img_smooth", img_smooth )
cv2.imshow("img_sovelV", img_sobelV )
cv2.imshow("img_sovelH", img_sobelH )
cv2.waitKey(0)
```

Convolution1.py
線形フィルタの計算

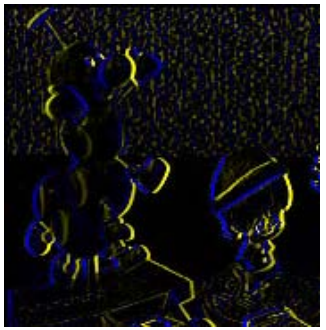
線形フィルタの例

ぼかす

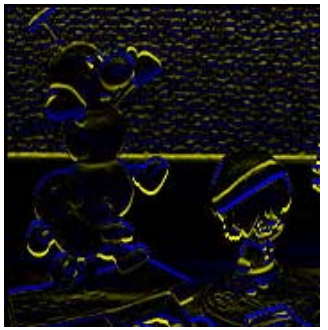
先鋭化

線形フィルタの例

エッジ抽出



横方向



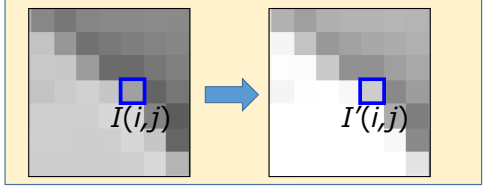
縦方向

空間フィルタとは

- 空間フィルタとは周囲の情報を利用して画素値を決めるフィルタ
- 空間フィルタは、線形フィルタと非線形フィルタに分けられる

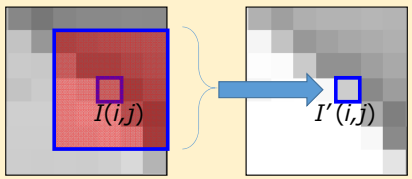
トーンカーブ：
出力画素 $I'(i,j)$ を求めるのに
入力画素 $I(i,j)$のみを利用

入力画像：$I(i,j)$　　出力画像：$I'(i,j)$



空間フィルタ:
出力画素 $I'(i,j)$ を求めるのに
入力画素 $I(i,j)$の周囲画素も利用

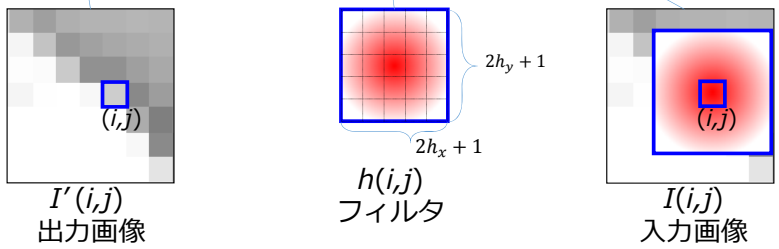
入力画像：$I(i,j)$　　出力画像：$I'(i,j)$



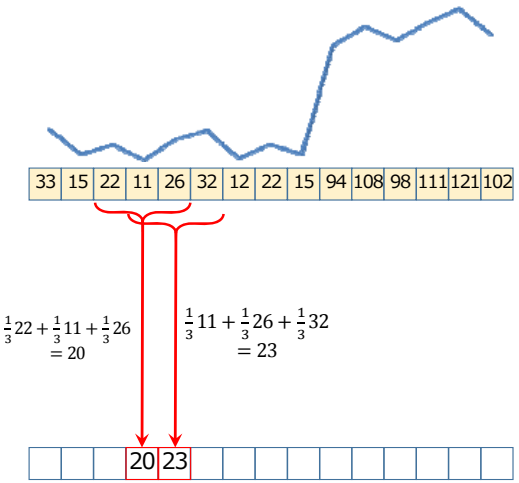
線形フィルタとは

出力画素値を周囲画素の重み付和で計算するフィルタ

$$I'(i,j) = \sum_{m=-h_y}^{h_y} \sum_{n=-h_x}^{h_x} h(m,n)\ I(i+m, j+n)$$



線形フィルタの例 1D

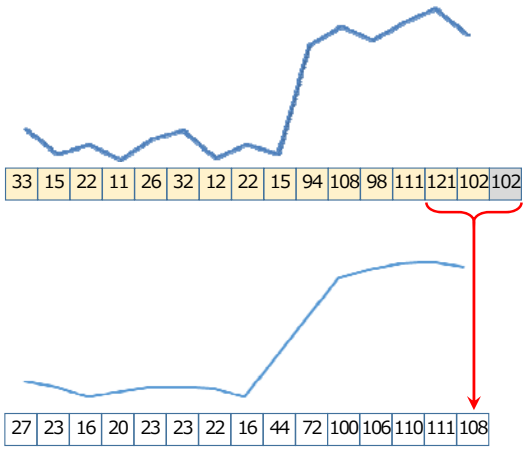


平滑化したい!

1/3	1/3	1/3

周囲３ピクセル
の平均を取る

線形フィルタの例 1D



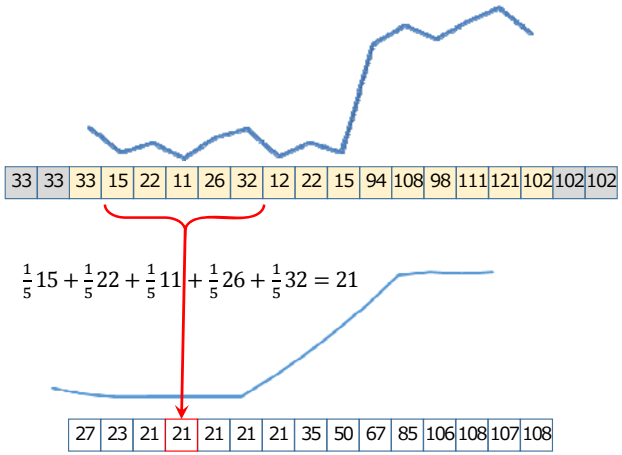
※端ははみ出すので値をコピー（ほかの方法もある）

平滑化したい!

1/3	1/3	1/3

周囲３ピクセル
の平均を取る

線形フィルタの例 1D

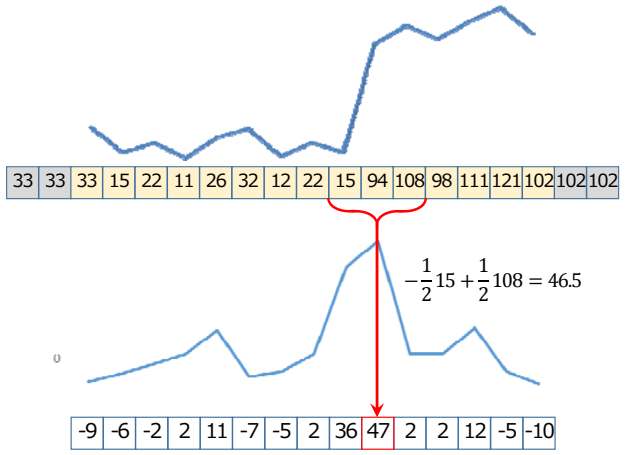


もっと
平滑化したい!

1/5	1/5	1/5	1/5	1/5

周囲5ピクセル
の平均を取る

線形フィルタの例 1D



※端ははみ出すので値をコピー（ほかの方法もある）

エッジ
（変化の大きい部分）
を検出したい

-0.5	0	0.5

右と左のピクセルの
差をとる

線形フィルタ：平滑化

$\frac{1}{9}$

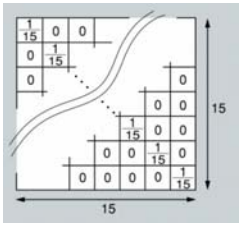
1	1	1
1	1	1
1	1	1

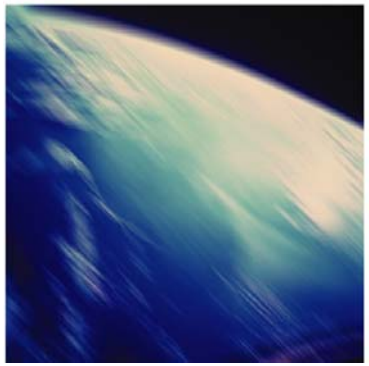
$\frac{1}{25}$

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1



線形フィルタ：特定方向の平滑化



画像の出典[CG Arts協会 ディジタル画像処理]
図5.8, 5.9

線形フィルタ：ガウシアンフィルタ

係数をガウス分布に近づけ
中央ほど強い重みに

$\frac{1}{16}$

1	2	1
2	4	2
1	2	1

$\frac{1}{256}$

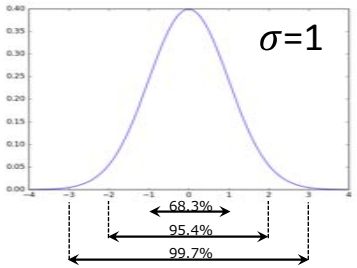
1	4	6	4	1
4	16	24	16	4
6	24	36	24	6
4	16	24	16	4
1	4	6	6	1



線形フィルタ：ガウシアンフィルタ

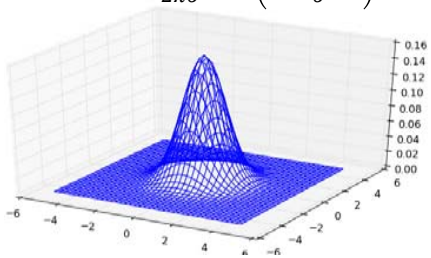
ガウス関数1D

$$g_\sigma(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{\sigma^2}\right)$$

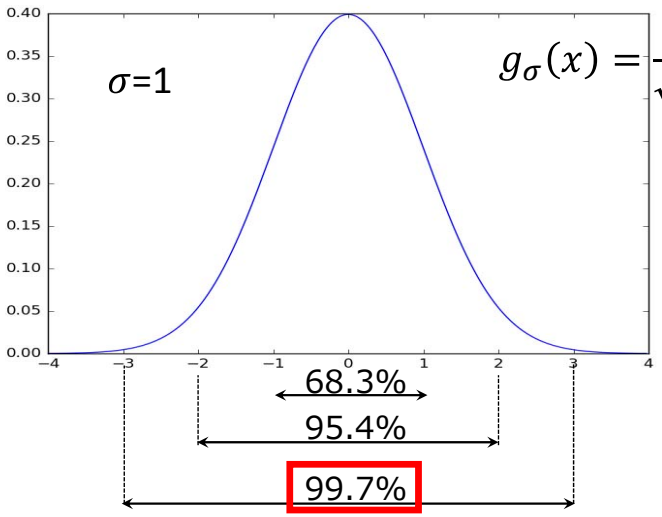


ガウス関数2D

$$g_\sigma(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{\sigma^2}\right)$$



これを重みにして線形フィルタをしたい
さすがに3x3は精度が悪くない？？

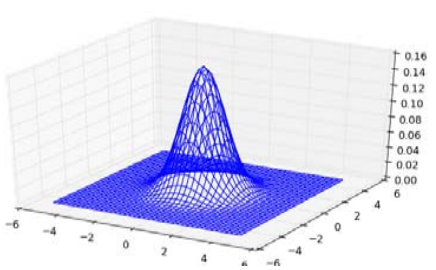


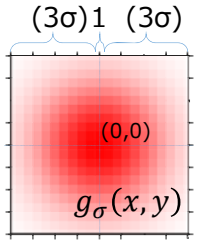
$$g_\sigma(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} exp\left(-\frac{x^2}{\sigma^2}\right)$$

線形フィルタ：ガウシアンフィルタ

標準偏差σの大きなガウス関数の畳み込みを計算するとき『3×3』や『5×5』の窓では精度が悪い

→精度を出すには窓の半径を 3σ程度にすべき
(計算時間はかかる)





例) σ = 5 pixelのガウシアンフィルタ
↓
Window size は31×31が適当

画像は[CG Arts協会 ディジタル画像処理]より

線形フィルタ：**微分**

関数 $f(x,y)$ のx軸, y軸方向の偏微分は以下の通り定義され、

$$\frac{\partial f(x,y)}{\partial x} = \lim_{h\to 0}\frac{f(x+h,y)-f(x-h,y)}{h}$$

$$\frac{\partial f(x,y)}{\partial y} = \lim_{h\to 0}\frac{f(x,y+h)-f(x,y-h)}{h}$$

点(x,y)におけるx軸, y軸方向の関数$f(x,y)$の傾きを与える.

また, $f(x,y)$の勾配 $\nabla f(x,y)$は2次元ベクトルであり,

$$\nabla f(x,y) = \begin{pmatrix} \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} \\ \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} \end{pmatrix}$$

点(x,y)において$f(x,y)$の増加が一番大きくなる方向を示す

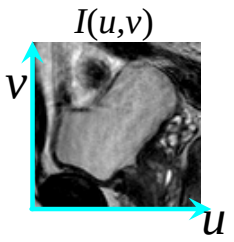
※微分の復習．大丈夫ですよね？

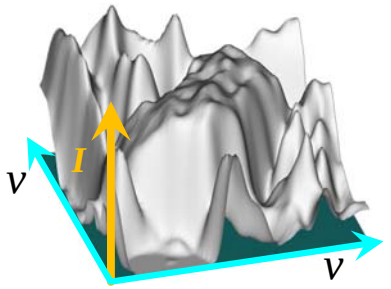
練習.

$$f(x,y) = x^2 + y^2$$

上記の関数の(1,1), (2,3)
における勾配を計算し、
さらに図示せよ

線形フィルタ：**微分**





グレースケール画像 $I(u,v)$ は，高さ関数 $z = I(u,v)$ と見なせるなので関数 $I(u,v)$ の勾配（微分）は計算できそう
$I(u,v)$ の勾配は，画像の変化の大きい方向を表す

画像の出典 [Ijiri et al 2013, Eurographics]

線形フィルタ：**微分**

2 次元関数 $z= f(x,y)$ のx方向偏微分

$$f_x = \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} = \lim_{h\to 0} \frac{f(x+h,y)-f(x,y)}{h}$$

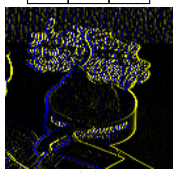
※ 正値:黄色 ,
負値:青 で可視化

画像 $z = I(i,j)$ の横方向偏微分 (近似)

$$I_j(i,j) \approx f(i,j+1) - f(i,j) \quad \cdots(a)$$
$$\approx f(i,j) - f(i,j-1) \quad \cdots(b)$$
$$\approx \frac{f(i,j+1)-f(i,j-1)}{2} \quad \cdots(c)$$

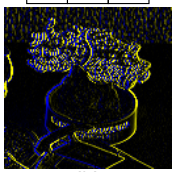
※h = *pitch* (画素サイズ) = *1* と近似

0	0	0
0	-1	1
0	0	0



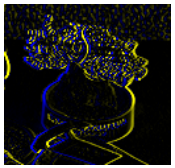
(a)

0	0	0
-1	1	0
0	0	0



(b)

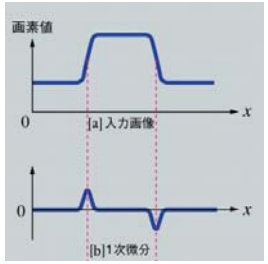
0	0	0
-1/2	0	1/2
0	0	0



(c)

線形フィルタ：**微分**

$I(i,j)$ 入力画像

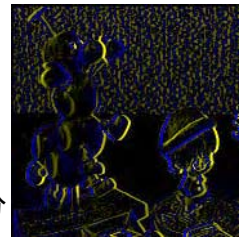


[CGArts協会, デジタル画像処理 図5.26]

微分フィルタには画像のエッジ
で強く応答する

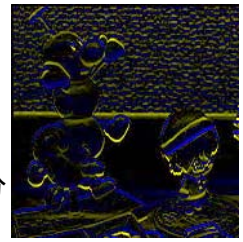
0	0	0
-1/2	0	1/2
0	0	0

$I_j(i,j)$
横方向微分



0	-1/2	0
0	0	0
0	1/2	0

$I_i(i,j)$
縦方向微分



線形フィルタ：**微分**

- 前述の単純なフィルタはノイズにも鋭敏に反応する
- ノイズを押さえつつエッジを検出するフィルタが必要

横方向微分　：　横方向微分　し　縦方向平滑化　する
縦方向微分　：　縦方向微分　し　横方向平滑化　する

Prewitt filter

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

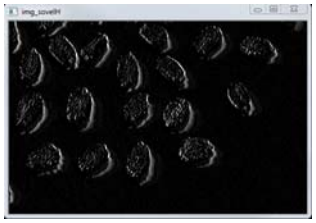
Sobel filter

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

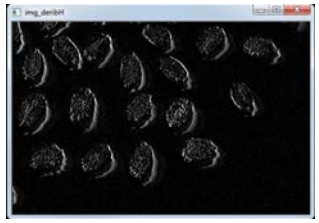
-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

元画像

1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

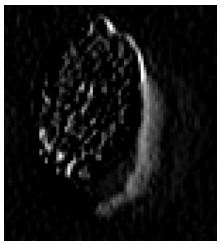


0	0	0
-4	0	4
0	0	0



微分フィルタの正値を可視化

Sobelフィルタではノイズが
削減されているのが分かる



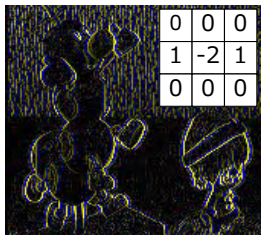
線形フィルタ：2階微分フィルタ

関数 $f(x,y)$ の2階偏微分は，以下の通り定義される

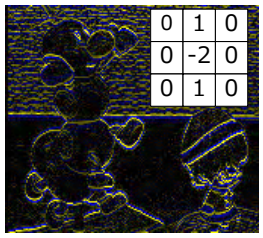
$$f_{xx} = \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} = \lim_{h\to 0} \frac{f(x+h,y) - 2f(x,y) + f(x-h,y)}{h^2}$$

画像 $I(i,j)$ の2階偏微分の近似は…

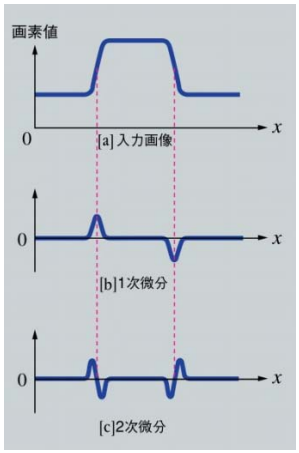
$$I_{jj} = f(i,j+1) - 2f(i,j) + f(i,j-1)$$



0	0	0
1	-2	1
0	0	0



0	1	0
0	-2	0
0	1	0



出典[CGArts協会, デジタル画像処理 図5.26]

線形フィルタ：ラプラシアンフィルタ

関数 $f(x,y)$ のラプラシアン

$$\Delta f(x,y) = \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2}$$

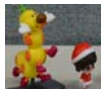
画像 $I(u,v)$ のラプラシアン

$$I(u,v) = I_{uu} + I_{vv}$$

$\Delta I(u,v)$

$\Delta I(u,v) =$

0	1	0
0	-2	0
0	1	0

$*$ 

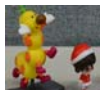
$+$

0	0	0
1	-2	1
0	0	0

$*$ 

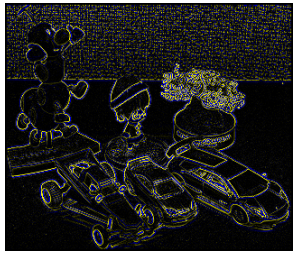
$=$

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

$*$ 

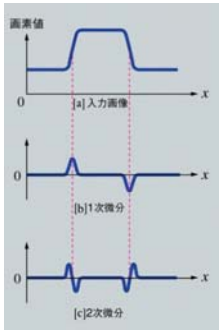
ラプラシアンフィルタ

『$*$』は convolution



方向に依存しないエッジが一度で得られる
エッジをまたぎ正負の対が現れる
白→黒 なら [0-+0]が現れる

線形フィルタ：先鋭化フィルタ



[CGArts協会, デジタル画像処理]
図5.26, 5.30

2回微分に関するラプラシアンフィルタを改良すると
画像のエッジを強調する先鋭化フィルタが設計できる

	?	

まとめ: 空間フィルタ（線形）

出力画素値を周囲画素の重み付和で計算するフィルタ

$$I'(i,j) = \sum_{m=-h_y}^{h_y} \sum_{n=-h_x}^{h_x} h(m,n)\ I(i+m, j+n)$$

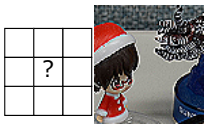
平滑化フィルタ

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

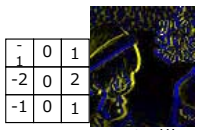
ガウシアンフィルタ

1/16	2/16	1/16
2/16	4/16	2/16
1/16	2/16	1/16

先鋭化フィルタ

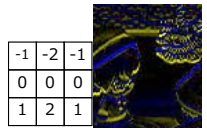


	?	



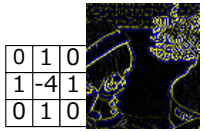
-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Sobelフィルタ(横)



-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

Sobelフィルタ(縦)



0	1	0
1	-4	1
0	1	0

ラプラシアンフィルタ