

情報学基礎 第11回

9章 画像処理

管理工学科

担当: 篠沢 佳久

本日の内容①

- 画像処理(9章)
 - 画像の成り立ち(9.1節)
 - 濃度変換処理(9.2節)
 - 空間フィルタリング処理(9.3節)
 - 幾何学的変換処理(9.4節)
 - 物体領域抽出(9.5節)
- 第四回課題(締め切り 6/28(水) 23:50)
- 第五回課題(締め切り 7/12(水) 23:50)

本日の内容②

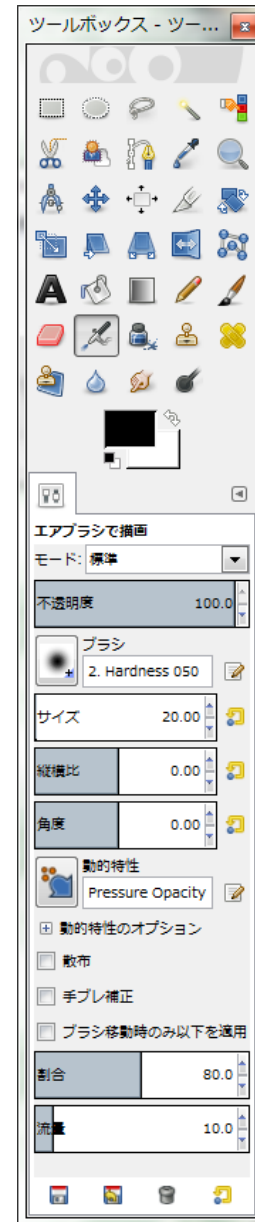
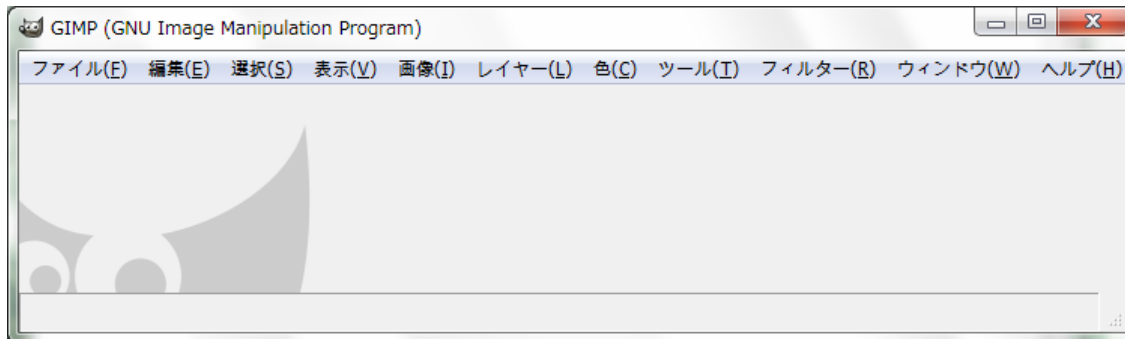
- デジタル画像の成り立ちについて理解する
- デジタル画像に対して様々な効果を与える「画像処理」について理解する
- 画像処理ソフトを利用して、画像処理の実践について学ぶ

画像処理ソフト

- 教科書にはGIMPによる処理方法が記載
 - <http://www.gimp.org/>
- ITCの演習部屋で利用できる画像処理ソフト
 - GIMP
 - Adobe Photoshop
- 注意
 - 自宅のコンピュータにインストールしたい場合、GIMPは無料だが、Photoshopは有償である
 - ITCの各部屋に何が入っているか知りたい場合：
http://www.hc.itc.keio.ac.jp/ja/com_pcroom_winapp_hc.html

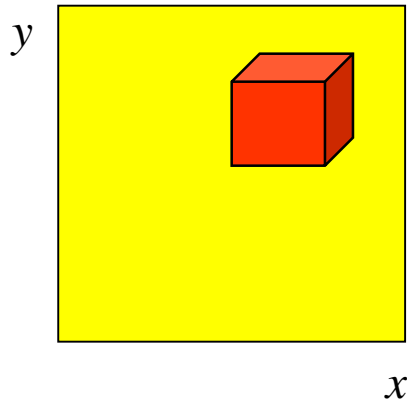
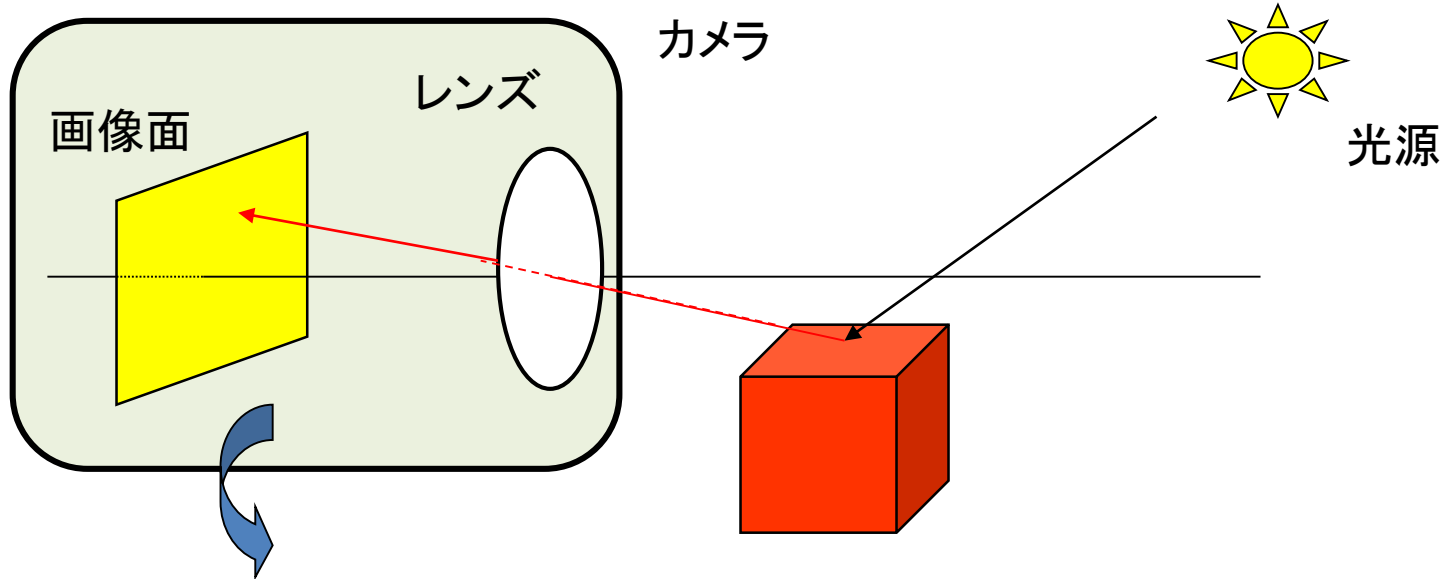
GIMP

- 画像処理ソフト
– <http://www.gimp.org/>



画像の成り立ち

画像の成り立ち(9.1節)



画像: $f(x,y)$

光の輝度, 色等の画像面上での2次元分布

$f(x,y)$ は, 画像面の点 (x,y) とレンズ中心を結んだ直線(上図では赤い矢印)上に存在する物体表面の点の反射光強度(色)を表わしている

デジタル画像①

- 画像撮像素子

- 画像面の光強度分布 $f(x,y)$ を計測
- 1–2cm 四方形程度のサイズの半導体素子
- 数千 × 数千の「画素」が並んでいる

- デジタル画像

- 各画素の受光強度データの2次元配列
- カラー画像の場合
 - 1画素 8bit(256階調) × 3色(RGB)=3byte
 - 画素数(例:1920x1080画素) × 3byteのデジタルデータ

画像撮像素子の例

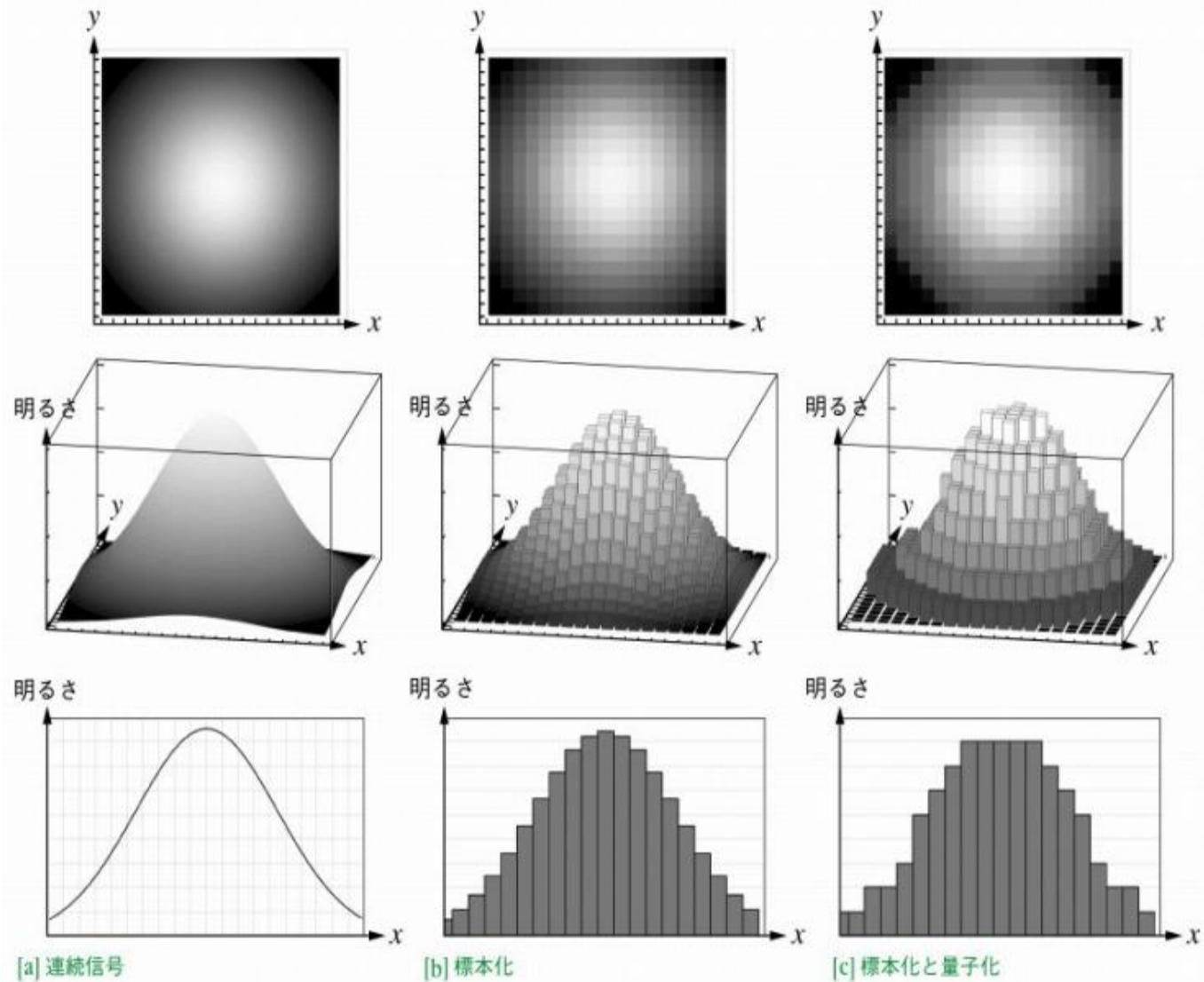


これが画像撮像素子
このカメラでは, $17.3 \times 13.0\text{mm}$

離散値への変換(アナログ→デジタル)

- アナログ：連続した量
- デジタル：離散量(とびとびの値しかない)
- 離散化：
連続した値を非連続(離散)の値に変換すること(アナログ → デジタル)
 - 標本化(サンプリング)：
時系列に沿って変化する連続的な値から、一定の時間間隔ごとの値を測定すること.
 - 量子化：
連続データを離散値で近似すること. 多くの場合、標本化した結果のデータに対して適用する.

アナログ画像とデジタル画像



デジタル画像②

カラー画像

X

Y



座標(x,y)
色の情報量
R(赤)G(緑)B(青)

各色を0～255の値で表現
→ 画素数($X \times Y$) \times 3バイト

白黒濃淡画像

X

Y



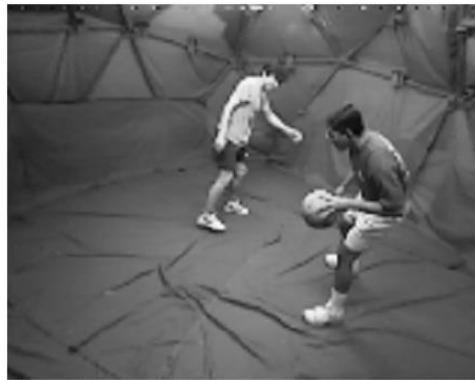
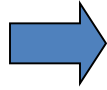
座標(x,y)
明るさの情報量

明るさを0～255の値で表現
→ 画素数($X \times Y$) \times 1バイト

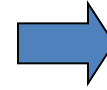
色々なデジタル画像②



カラー画像



白黒濃淡画像

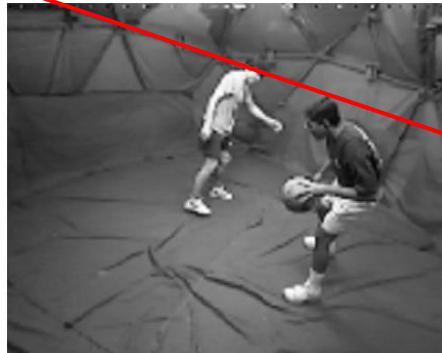


二値画像

赤



緑



青



距離画像(遠い程白くなってる)
(画像の明度が距離を表す)

デジタル画像のフォーマット(規格)

- RAW
 - 撮影画像そのままのデータ(標準規格無し)
 - 全画素数 × 3 バイトのデータ量
- JPEG
 - 通常のデジタル画像で広く利用
 - 非可逆圧縮画像フォーマット(画質劣化有)
 - RAWの5分の1 程度のデータサイズ(画像内容に大きく依存するので一概には言えない)
- BMP
 - 非圧縮画像データフォーマットの代表的規格
 - 画像のサイズ等のデータを保存している「ヘッダ」付き
- TIFF
 - 非圧縮画像データだけではなく、色々な圧縮フォーマット(画質劣化の無いデータ圧縮等)にも対応している規格

濃度変換処理

画像に対する各種処理



元画像



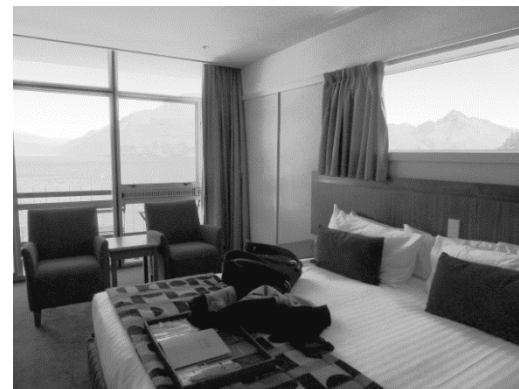
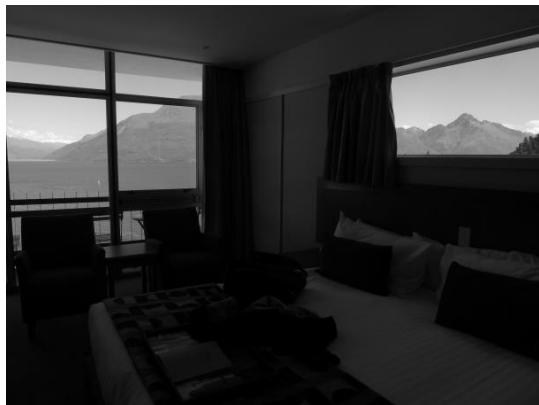
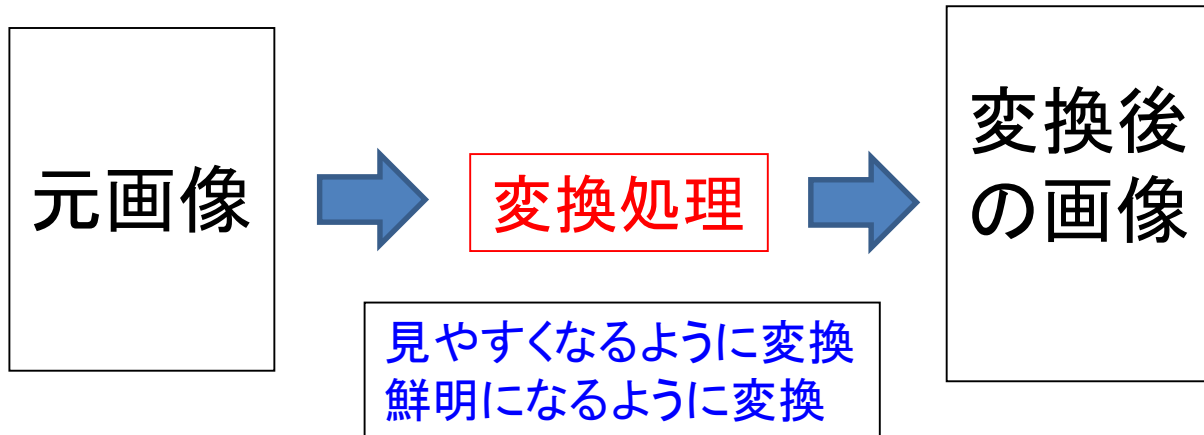
何らかの処理をした結果得た画像

- いろいろな処理がある.
 - 濃度変換処理, 空間フィルタリング処理, 幾何学的変換処理, 物体領域抽出 などなど

濃度変換処理(9.2節)

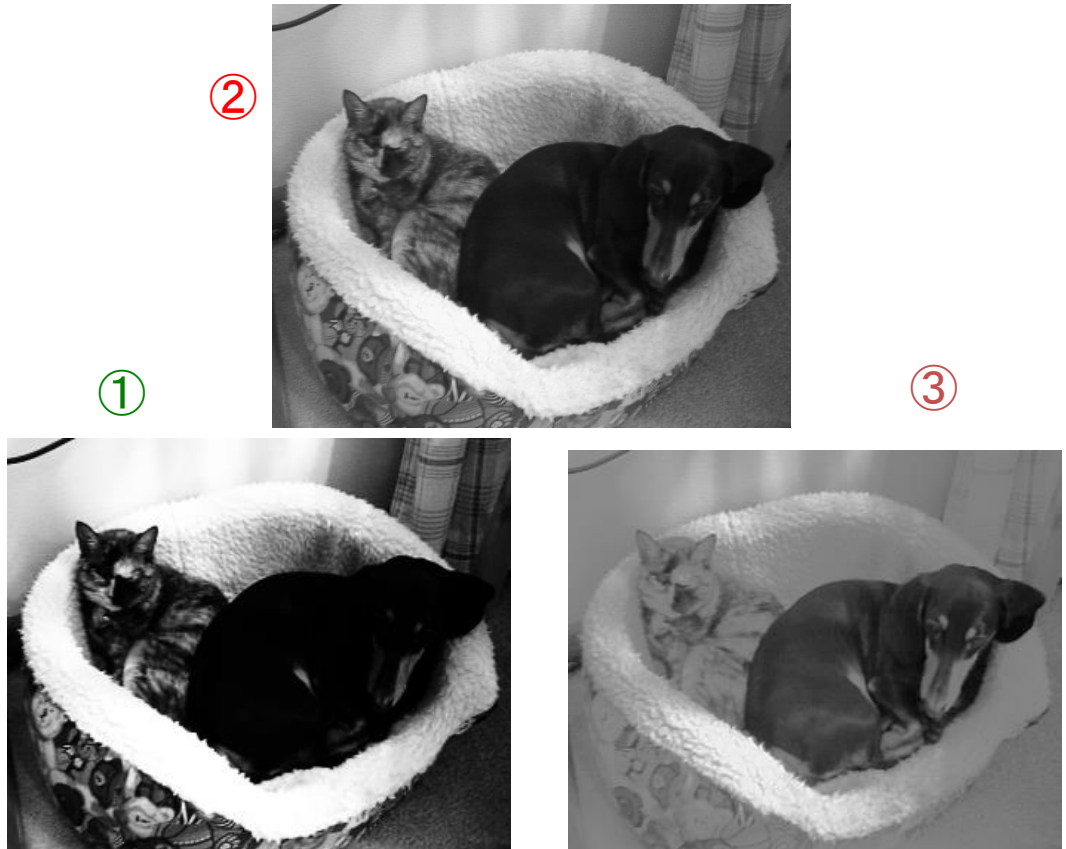
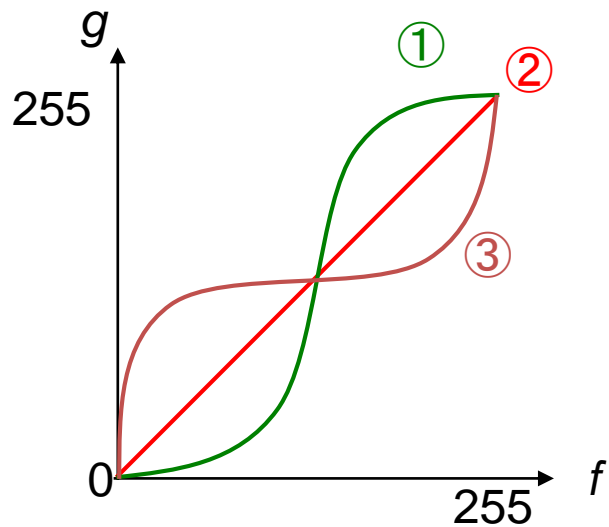
- 画像の各画素値を一定のルールに従って別の濃度値に変換する処理
- 画像の明るさ, コントラスト(輝度の差), 色合い等の調整

濃度変換処理



トーンカーブ

入力画像の画素値 f と出力画像の画素値 g の関係を表すカーブ



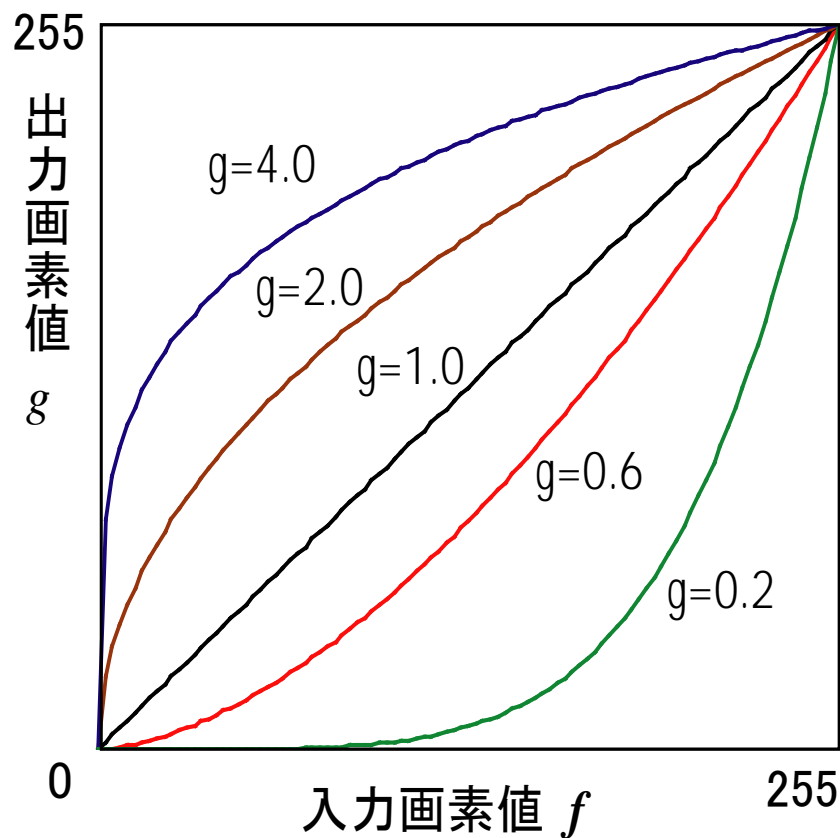
ガンマ変換①

- ガンマ(γ)のような形をしているトーンカーブを使った変換
- 具体的には次式で表現される

ガンマ変換

$$g = 255 \left(\frac{f}{255} \right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

GIMP:「色」→「レベル」→ガンマ値の入力→「この設定をトーンカーブで調整」



ガンマ変換②

- ガンマ変換の例



$\gamma = 1.0$



$\gamma = 2.0$



$\gamma = 0.6$



$\gamma = 1.0$

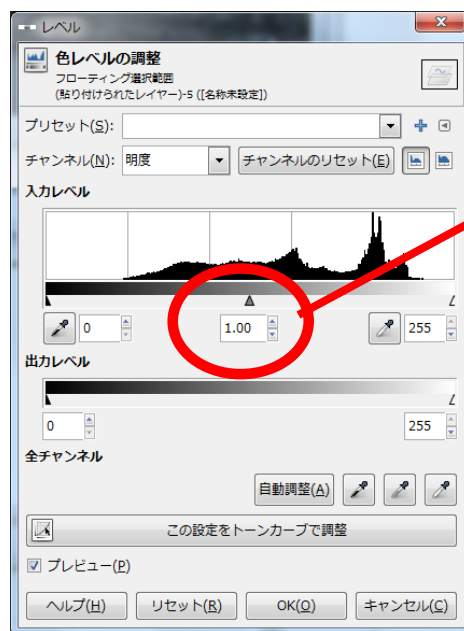


$\gamma = 2.0$



$\gamma = 0.6$

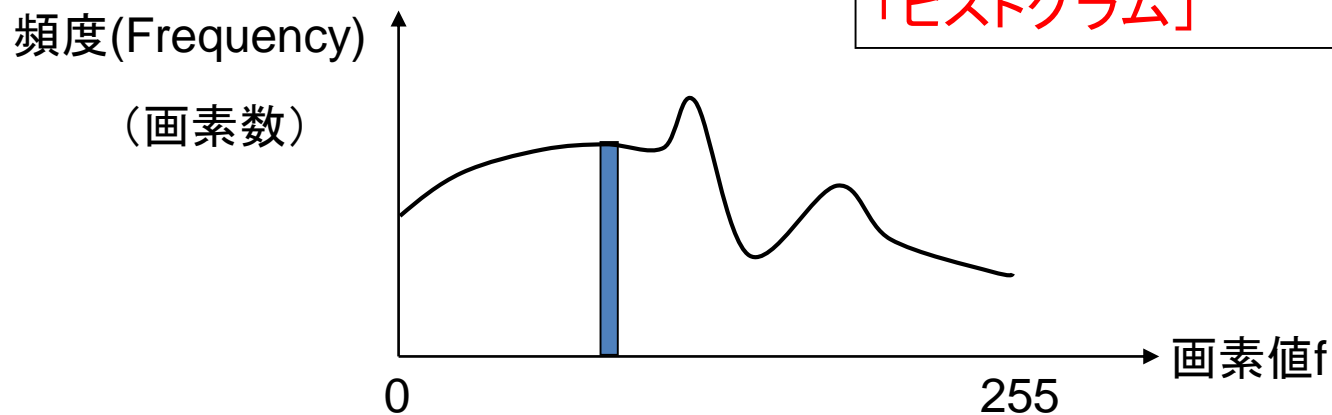
GIMPメニュー
【色】→【レベル】



ここの数字が
ガンマ値

画像のヒストグラム①

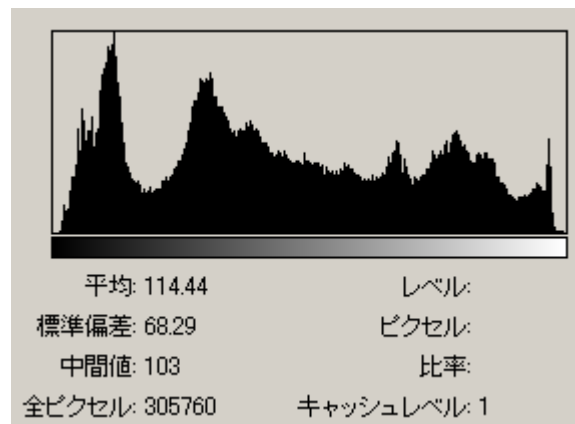
- 画素値 f 毎の画素の出現頻度

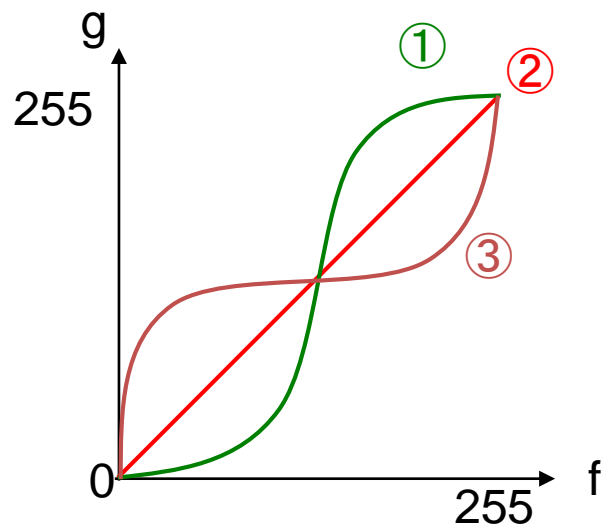


GIMP:「色」→「色の情報」→
「ヒストグラム」



ヒストグラム

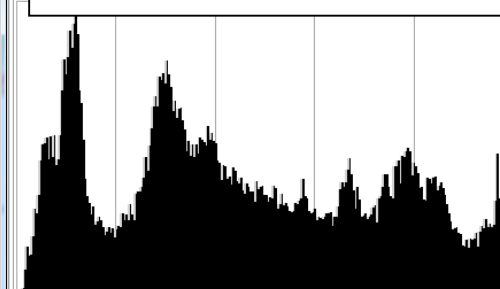




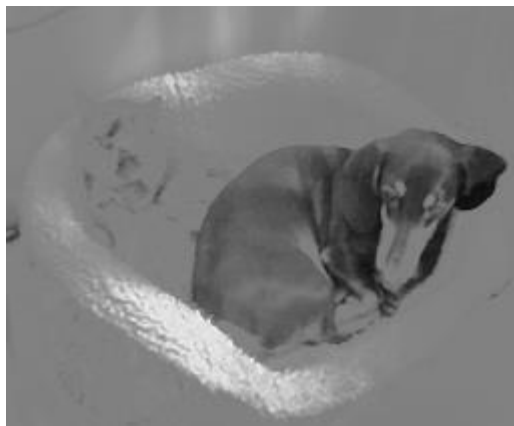
②



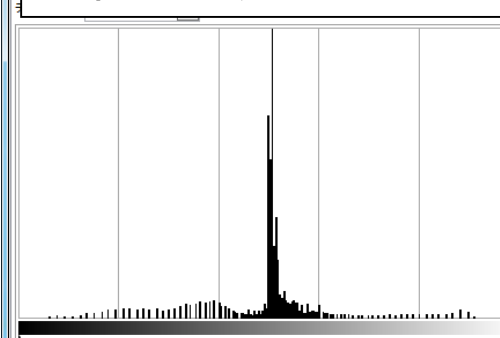
ヒストグラム:
各画素値の出現頻度



③



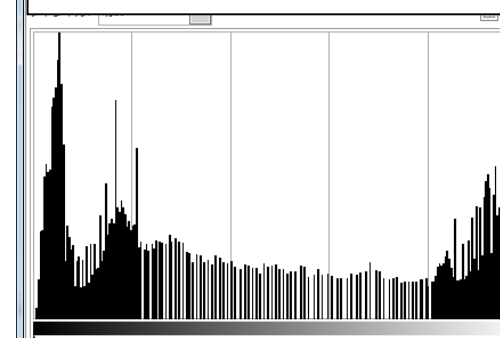
全体的に灰色になる.



①

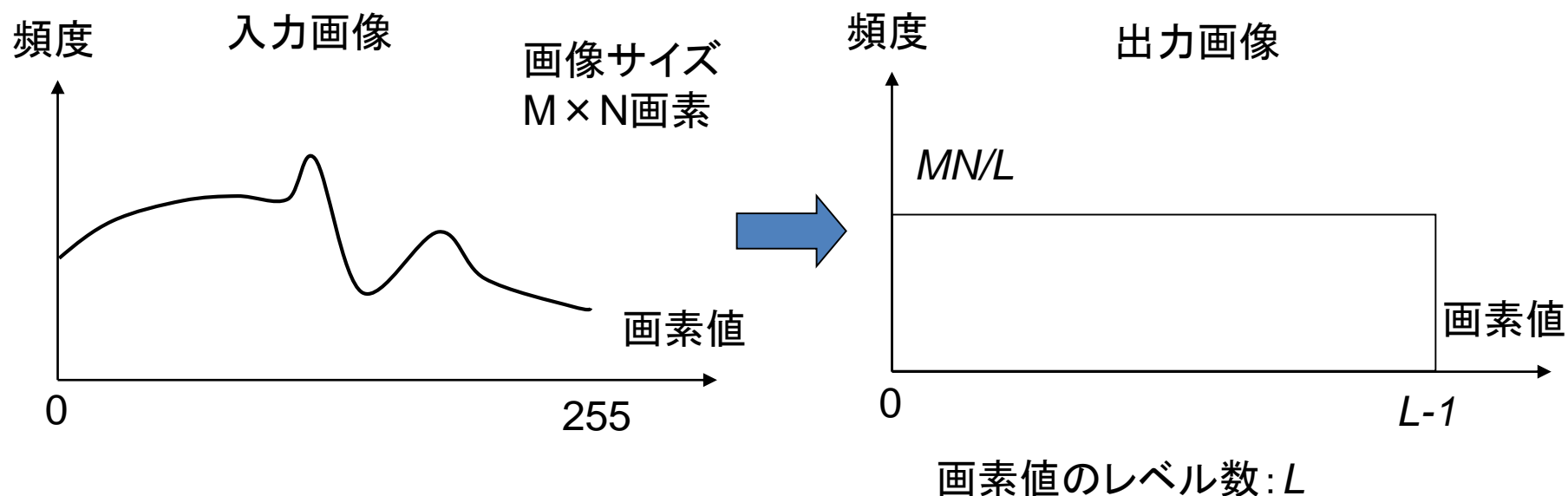


コントラストが強くなる.



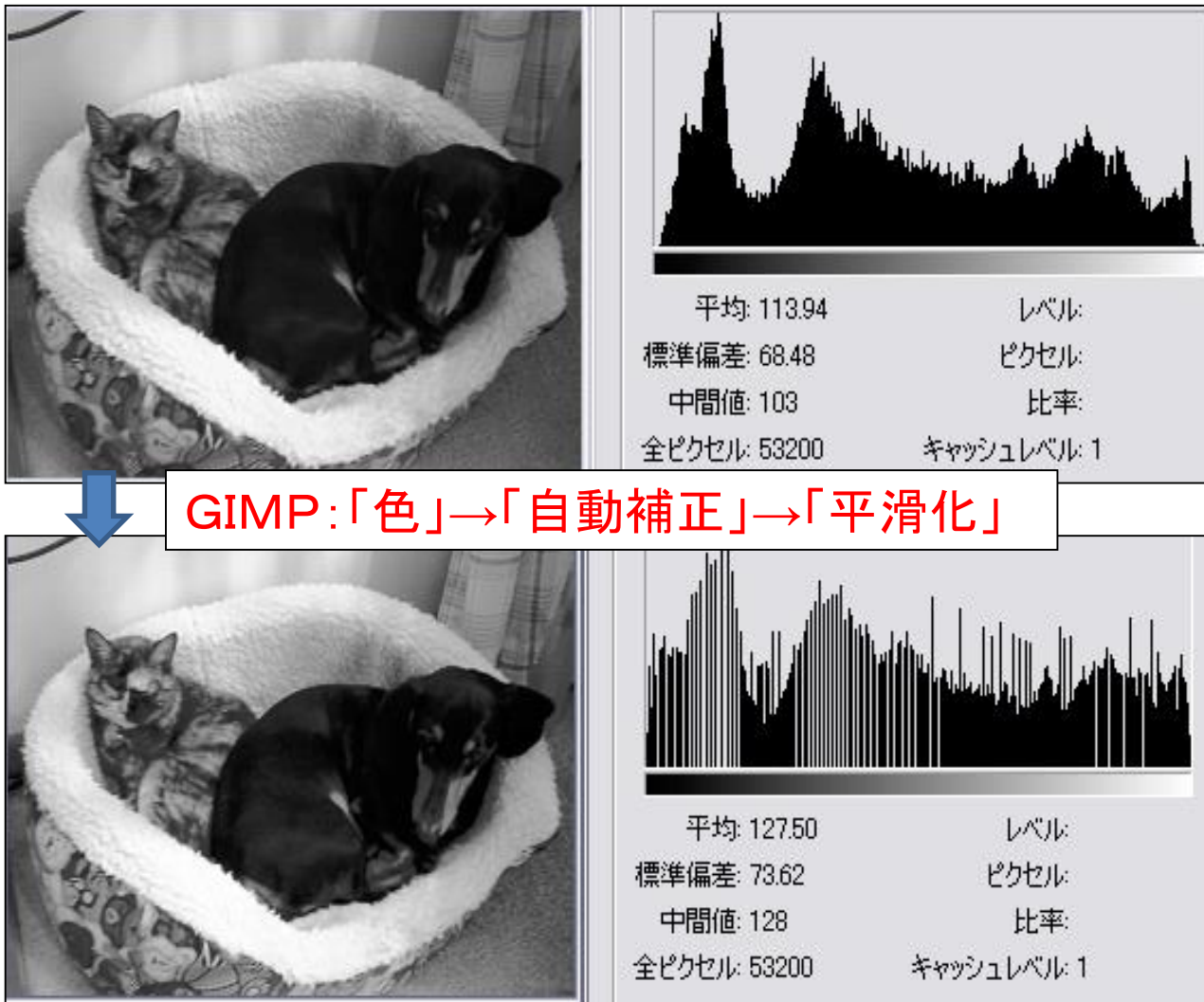
ヒストグラム均等化①

- ヒストグラムに偏りがある画像に対して、全ての画像値でヒストグラムが均等になるように変換を行なう

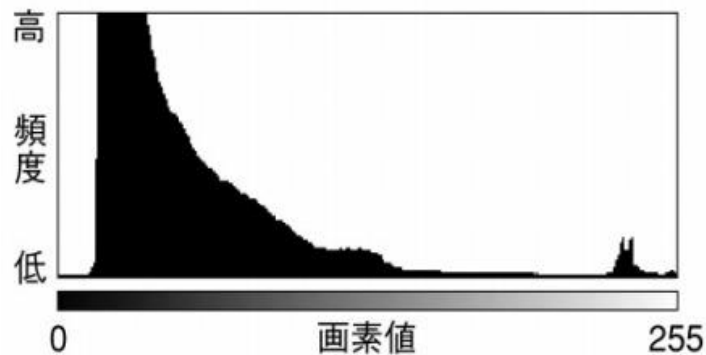


出力画像における同一レベルの画素数(頻度)が MN/L になるように画素値の変換を行う

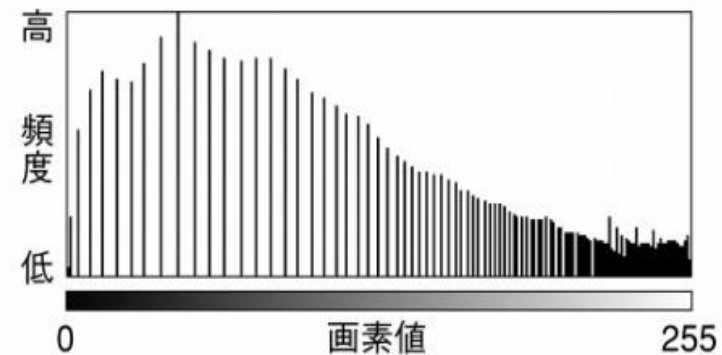
ヒストグラム均等化②



ヒストグラム均等化の例①



[a] 入力画像

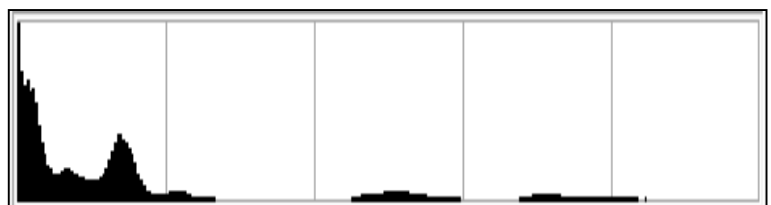


[b] 出力画像

ヒストグラム均等化の例②

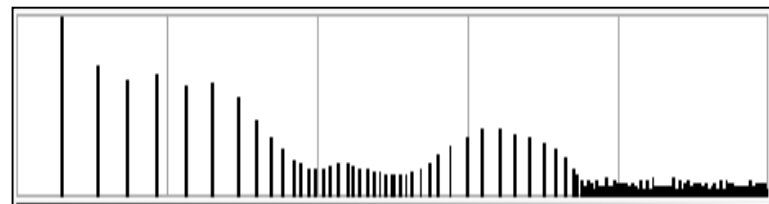


頻度



0 画素値 255

頻度



0 画素値 255

空間フィルタリング処理

空間フィルタリング処理①(9.3節)

- 各画素について, その画素周辺の $N \times N$ 画素の小領域と, $N \times N$ の空間フィルタとの積和を行なう
- 入力画像を f , 空間フィルタを h とした場合, 下記の式に基づいて変換後の画素値 g を求める

$$g(i, j) = \sum_{k=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}} \sum_{l=-\frac{N}{2}}^{\frac{N}{2}} f(i-k, j-l)h(k+1, l+1)$$

空間フィルタリング処理②

3×3の空間フィルタ h

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

$$40 \times 0 + 60 \times (-1) + 40 \times 0 + 80 \times (-1) + 110 \times 5 + 80 \times (-1) + 100 \times 0 + 100 \times (-1) + 100 \times 0 = 230$$

積和

変換する画素

	40	60	40
	80	110	80
	100	100	100

入力画像

周辺の3×3の小領域 f

変換後の画素値 g

		230	

出力画像
 (i, j)

以上の処理を全ての画素で行なう

空間フィルタリング処理③

入力画像 $f(x,y)$

2	4	1	3
1	6	2	3
1	2	2	5
5	4	2	1

平滑化フィルタ h

$$h(i, j) = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

出力画像 $g(x,y)$

$$(2+4+1+1+6+2+1+2+2)/9$$

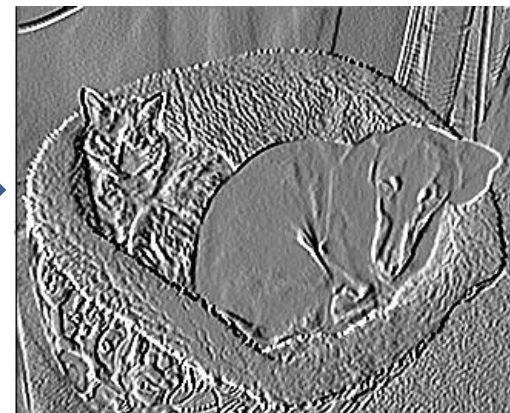
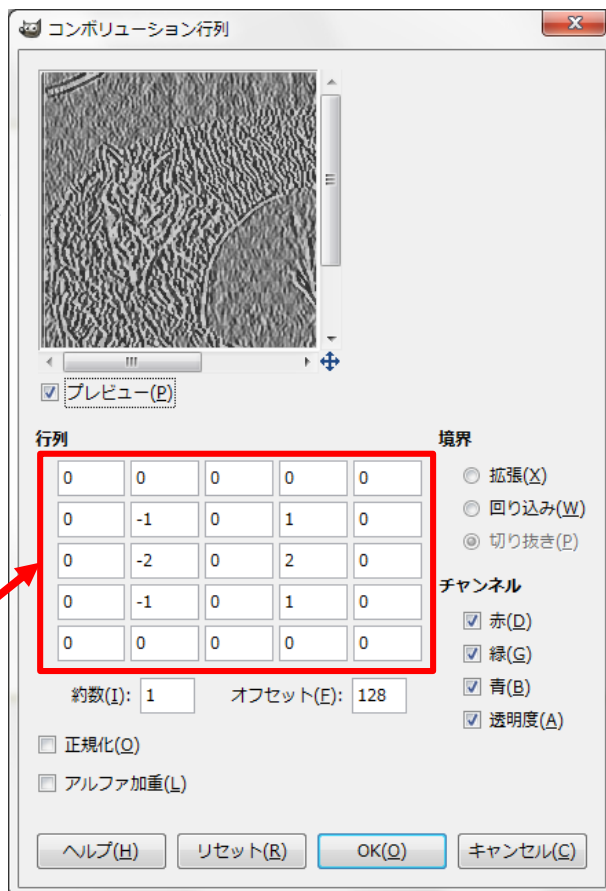
1.444	1.778	2.111	1.000
1.778	2.333	3.111	1.778
2.111	2.778	3.000	1.667
1.333	1.778	1.778	1.111

$$(1+3+2+3)/9$$

領域外の画素値
は0として計算

GIMPでの空間フィルタリング処理

GIMP:「フィルタ」→「汎用」→「コンボリューション行列」



フィルタを指定する

表計算を用いての処理例①

処理前の画素値

2	4	1	3
1	6	2	3
1	2	2	5
5	4	2	1

平滑化フィルター

0.111111	0.111111	0.111111
0.111111	0.111111	0.111111
0.111111	0.111111	0.111111

処理後

表計算を用いての処理例②

Book1 - Microsoft Excel

ファイル ホーム 挿入 ページレイアウト 数式 データ 校閲 表示 Acrobat

MS Pゴシック 11

標準

スタイル

セル

編集

MINVERSE

$=A2*\$H\$3+B2*\$I\$3+C2*\$J\$3+A3*\$H\$4+B3*\$I\$4+C3*\$J\$4+A4*\$H\$5+B4*\$I\$5+C4*\$J\5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		処理前								
2										
3			2	4	1			0.111111	0.111111	0.111111
4			1	6	2			0.111111	0.111111	0.111111
5			1	2	2			0.111111	0.111111	0.111111
6			5	4	2					
7										
8										
9		処理後								
10		3+B2*\$I\$3								
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										

セルB10
 $=A2*\$H\$3+B2*\$I\$3+C2*\$J\$3+A3*\$H\$4+B3*\$I\$4+C3*\$J\$4+A4*\$H\$5+B4*\$I\$5+C4*\$J\5

表計算を用いての処理例③

① セルB10を選択→右クリック→「コピー」

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		処理前								
2								平滑化フィルター		
3		2	4	1	3			0.111111	0.111111	0.111111
4		1	6	2	3			0.111111	0.111111	0.111111
5		1	2	2	5			0.111111	0.111111	0.111111
6		5	4	2	1					
7										
8										
9		処理後								
10		1.444444	1.777778	2.111111	1					
11		1.777778	2.333333	3.111111	1.777778					
12		2.111111	2.777778	3	1.666667					
13		1.333333	1.777778	1.111111						
14										
15										
16										
17										
18										
19										

A red box highlights the range B10:E13. A red arrow points from this box to the 'Ctrl' icon in the context menu that appears when right-clicking.

② セルB10～E13を選択→右クリック→「貼り付け」

空間フィルタリング処理の種類

- 平滑化フィルタ
 - 周辺(例えば 3×3 画素)の画素の平均値で置き換えることにより「平滑化」する.
 - ノイズ除去などのために使用.
 - 横方向平滑化や縦方向平滑化がある.
- エッジ検出(差分)
 - 1次差分(Sobelフィルタ)
 - 横または縦方向で変化の大きいところを強調.
 - 2次差分(Laplacianフィルタ)
- 鮮鋭化フィルタ

平滑化フィルタ

平滑化フィルタ

$$h(i, j) = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$



横方向平滑化

$$h(i, j) = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

縦方向平滑化

$$h(i, j) = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

エッジ検出(差分)

- 1次差分(Sobel フィルタ)
 - h_x ... 横方向差分(+縦方向平滑化)
 - h_y ... 縦方向差分(+横方向平滑化)

$$h_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad h_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

- 2次差分(Laplacian フィルタ)

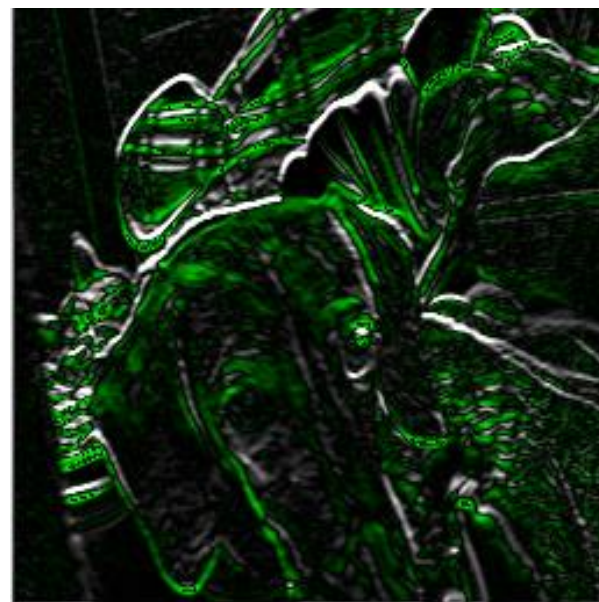
$$h = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$



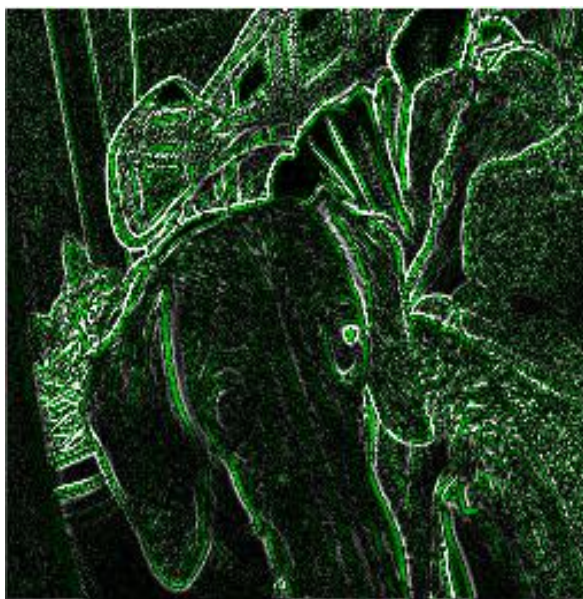
原画像



横方向Sobel



縦方向Sobel



ラプラシアン

白は正值
緑は負値

鮮鋭化フィルタ

- ラプラシアン

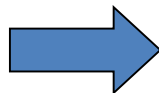
$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

これだとエッジ(差分値大)
の画素以外は0になる

$$h(i, j) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$



鮮鋭化



鮮鋭化フィルタの例①



[a] 入力画像 (グレースケール)



[b] 鮮鋭化フィルタの結果

(出典: [a] ©1994 Bluestar Corporation)

「デジタル画像処理」2004年 / 財団法人画像情報教育振興協会 (CG-ARTS協会)

鮮鋭化フィルタの例②



[a] 入力画像(カラー)



[b] 鮮鋭化フィルタの結果

幾何学的変換処理

幾何学的変換処理①(9.4節)

- 画素値は変化させずに, 画素の位置を変化させる処理
 - 拡大, 縮小, 回転, 鏡像
- 2D→2Dの座標変換
 - (x,y) の画素値を (u,v) に座標変換

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = f \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

幾何学的変換処理②

(a) 平行移動

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

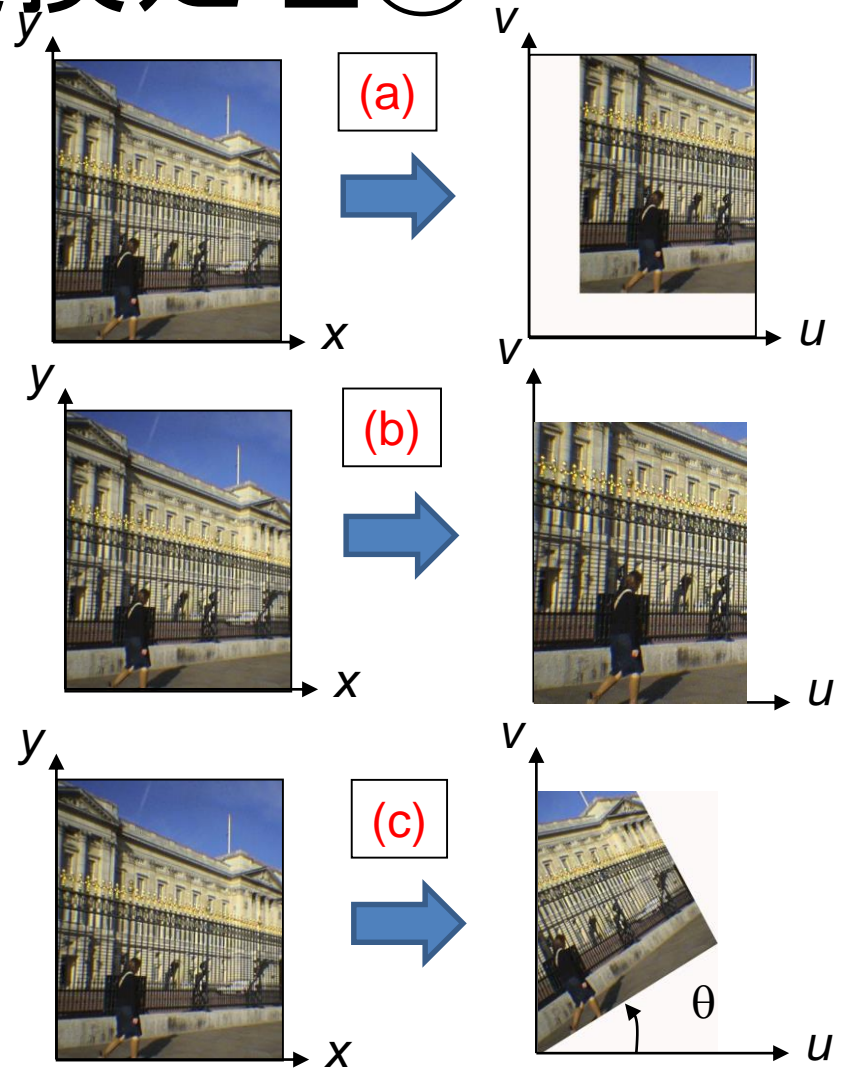
(b) 拡大・縮小

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & 0 \\ 0 & b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

(c) 回転

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

GIMP:「ツール」→「変形ツール」



(d) 反転

① $x=a$ について反転 (線対称)

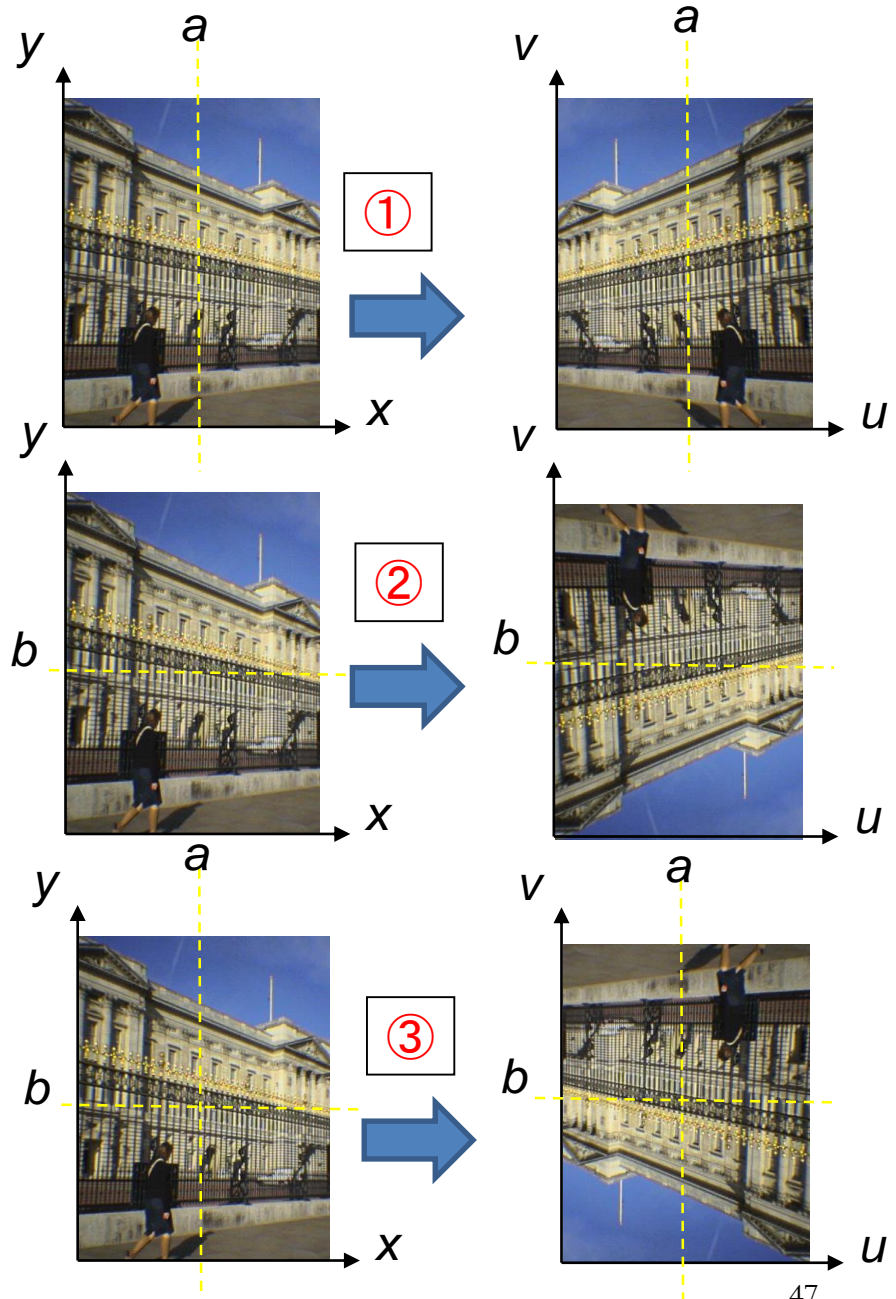
$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2a \\ 0 \end{bmatrix}$$

② $y=b$ について反転 (線対称)

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 2b \end{bmatrix}$$

③ 点 (a,b) について反転 (点対称)

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2a \\ 2b \end{bmatrix}$$

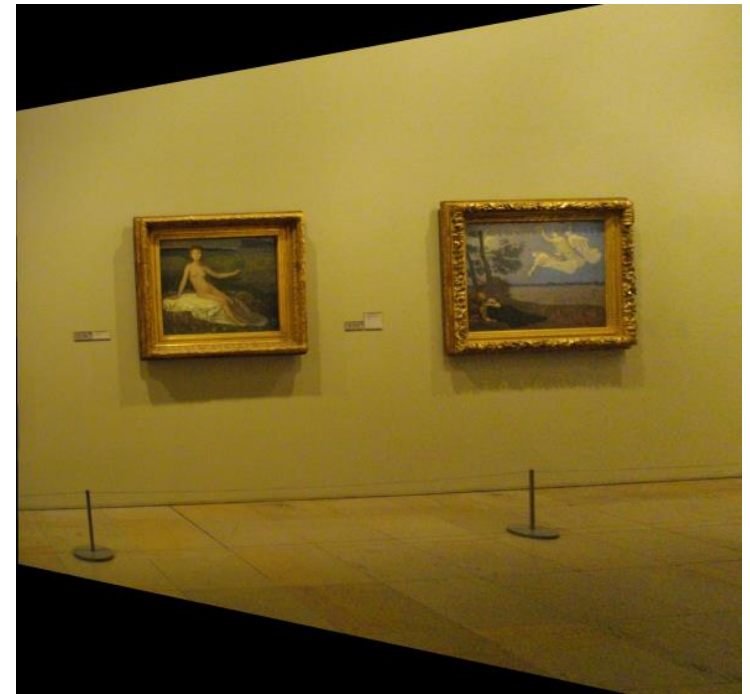


射影変換①

- カメラの撮影した方向を疑似的に回転させて、撮影の向きを変化

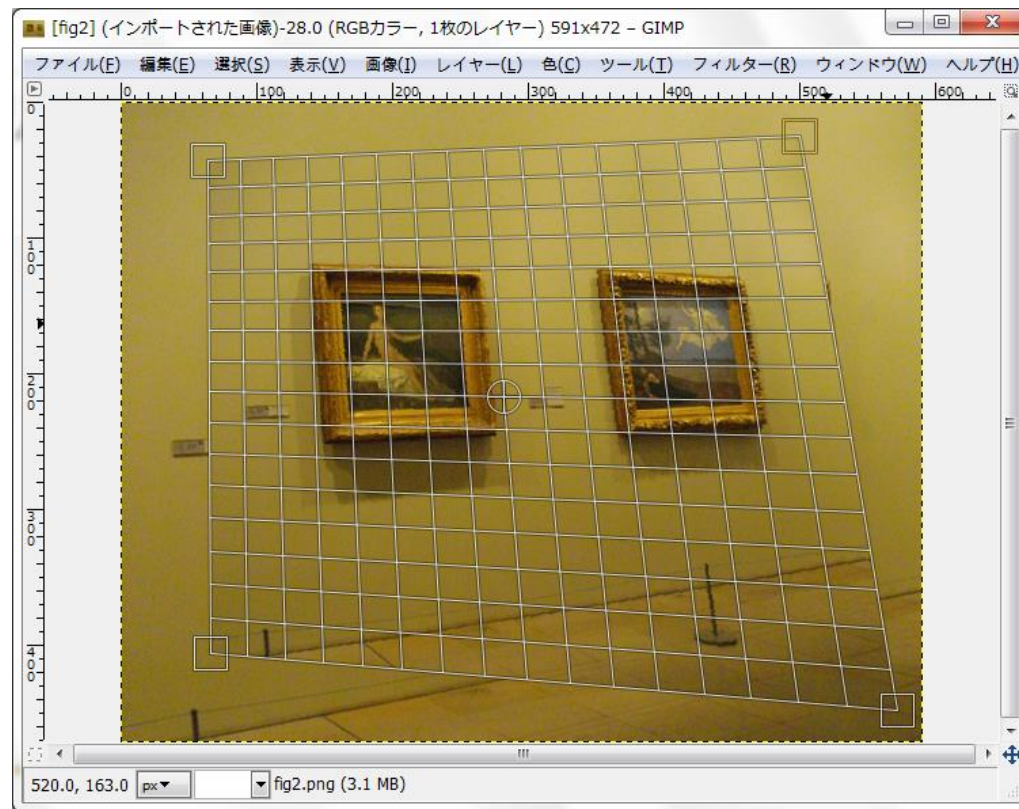


射影変換



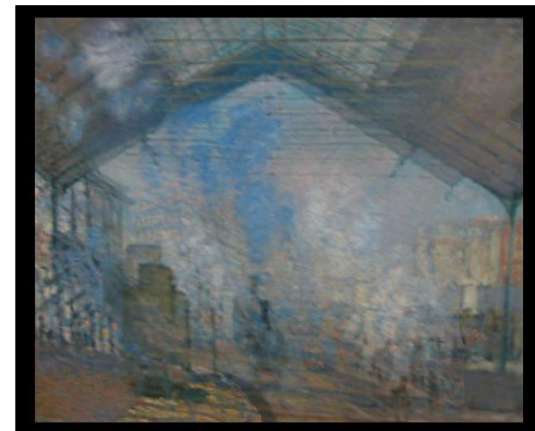
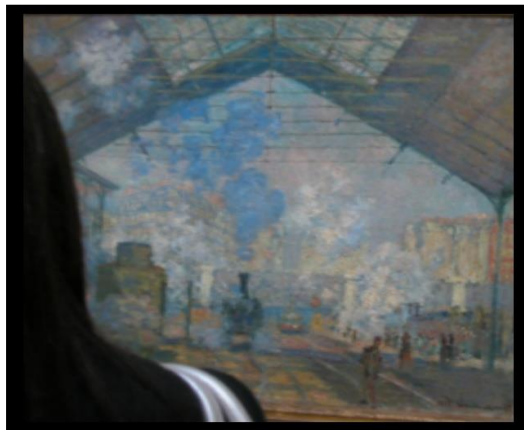
射影変換②

- GIMP
 - 【ツール→変形ツール→遠近法】



射影変換の利用による絵画写真の補正例

入力画像1



入力画像2



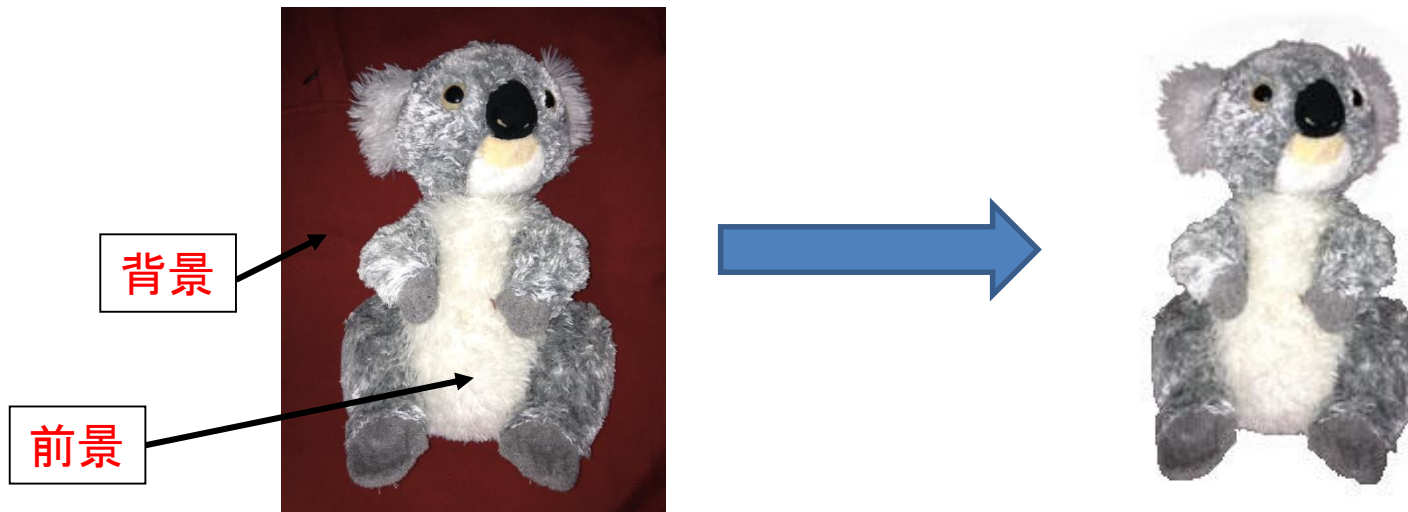
絵画領域のみ合成

射影変換により真正面の画像に変換

物体抽出处理

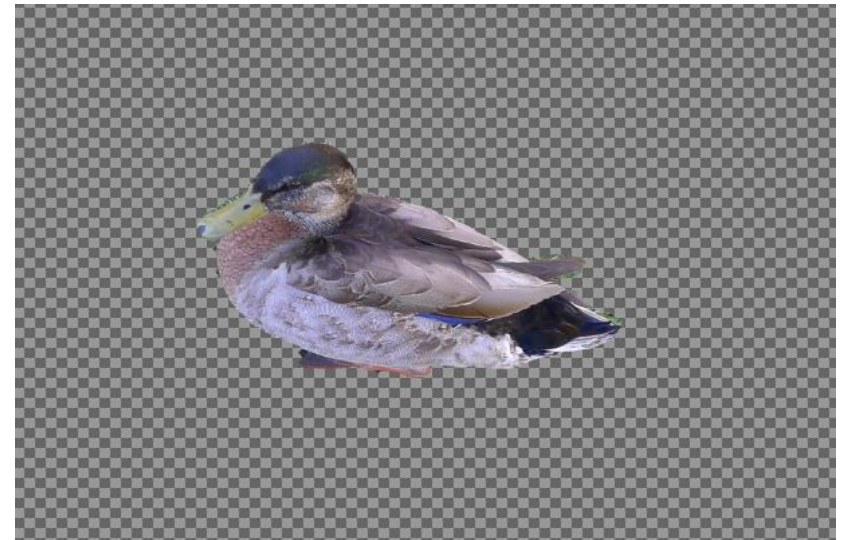
9.5 物体領域抽出

- 撮影対象の被写体が存在する領域を「前景」物体として抽出し、それ以外の「背景」と分離する処理
 - マッティング(Matting)とも呼ぶ.
 - GIMPでは、大きく次の二つの方法で抽出できる.
 - 【ツール】→【選択ツール】→【前景抽出選択】
 - 【ツール】→【選択ツール】→【電脳ばさみ】



電腦はさみ

GIMP→「ツールボックス」→「電腦はさみ」→境界をクリック
→前景をクリック



電腦はさみ

前景抽出選択

前景のみを抽出

前景と背景の合成処理

- 物体(前景)を, 任意の背景画像に合成する処理
- 前景画像を $f_g(x,y)$, 背景画像を $b_g(x,y)$
- $\alpha(x,y)$ は前景画像中の物体領域を表す
 - $\alpha(x,y)=1$: 画素 (x,y) は物体領域内(前景)
 - $\alpha(x,y)=0$: 画素 (x,y) は物体領域外(背景)
 - $0<\alpha(x,y)<1$: 画素 (x,y) が物体領域の内外かが曖昧

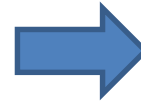
$$\text{合成画像 } f(x,y) = \alpha(x,y)f_g(x,y) + \{1-\alpha(x,y)\}b_g(x,y)$$

前景画像中から対象物体を完全に切り出せない時, 物体境界付近の画素に $0<\alpha(x,y)<1$ の値を割り当てることによって, より自然な背景合成が可能となる

$f_g(x, y)$

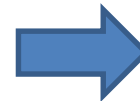


$\alpha(x, y) = 0 \text{ or } 1$



$b_g(x, y)$

$\alpha(x, y)$
 $= 0 \text{ or } 0.5 \text{ or } 1$



本日のまとめ

- 画像処理(9章)
 - 画像の成り立ち(9.1節)
 - 濃度変換処理(9.2節)
 - 空間フィルタリング処理(9.3節)
 - 幾何学的変換処理(9.4節)
 - 物体領域抽出(9.5節)
- 次回は11章を読んで来て下さい
- 第四回課題の提出を忘れずに(6/28締め切り)