

情報デザイン専攻

画像情報処理論及び演習II

**-計算Photography2-**  
**Image Stylization**

第10回講義  
水曜日 1限  
教室6218

吉澤 信  
shin@riken.jp, 非常勤講師  
大妻女子大学 社会情報学部

独立行政法人  
理化学研究所

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

今日の授業内容

[www.riken.jp/briect/Yoshizawa/Lectures/index.html](http://www.riken.jp/briect/Yoshizawa/Lectures/index.html)  
[www.riken.jp/briect/Yoshizawa/Lectures/Lec22.pdf](http://www.riken.jp/briect/Yoshizawa/Lectures/Lec22.pdf)  
[www.riken.jp/briect/Yoshizawa/Lectures/Ex14.zip](http://www.riken.jp/briect/Yoshizawa/Lectures/Ex14.zip)

- Artistic Stylization
- 演習: DoG画像、Artistic Stylization

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

復習: Artistic Stylization

✓アーティストの様式を疑似的に再現して実画像を生成・編集する事: NPR/計算Photographyの分野.

Timeline of Artistic Stylization:

- Late 1980s: Advances in media emulation (D. Strouman [SIGGRAPH 88])
- 1990: Semi-automatic painting systems (P. Haberl [SIGGRAPH 90])
- 1997: Video painting (F. Lichtenowicz [SIGGRAPH 97])
- 1998: Fully automatic painting (A. Mertens [SIGGRAPH 98], T. Saito [SIGGRAPH 97], F. Lichtenowicz [SIGGRAPH 97])
- 2000: Perceptual UI & segmentation (D. DeCarlo [SIGGRAPH 02])
- 2002: Automatic perceptual (J. Collomosse [EuroVis/EG 02])
- 2005: Space-time video (J. Wang [SIGGRAPH 05], J. Collomosse [TVC 05])
- 2006: User evaluation (T. Isenberg [NPAR 06])
- 2010: Anisotropy / filters (M. Wimmer [SIGGRAPH 06], A. Kyrkiandis [TVC 06])
- NPAP 2010 Grand challenges

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

2Dの基本フレームワーク

Flowchart of 2D basic framework:

- Input (入力) image
- Bilateral filter (Bilateralフィルタの繰り返し)
- Color space conversion: RGB to HSV (RGBの多値化) and then to HSV (HSV量子化画像)
- Color space conversion: HSV to RGB (RGBの多値化)
- Edge detection (エッジ検出) using DoG (Difference of Gaussians)
- Edge image (エッジ画像)
- Final output: Stylized image (出力Stylized画像)

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

復習: DoG

✓ DoG: Difference of Gaussian.

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

$$DoG_{\sigma, K}(x, y) = g_{\sigma}(x, y) - g_{K\sigma}(x, y)$$

Examples of DoG images and a graph of the Gaussian function.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

DoG2

✓ DoGと入力画像の畳み込みが負の領域=エッジ:

Grid of DoG2 images for different sigma and K values:

- Row 1:  $\sigma = 0.5$ ,  $K = 2$ ,  $K = 3$ ,  $K = 4$ ,  $K = 5$
- Row 2:  $\sigma = 1.0$ ,  $K = 2$ ,  $K = 3$ ,  $K = 4$ ,  $K = 5$

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

### 演習:DoG画像、スタイル画像

www.riken.jp/brict/Yoshizawa/Lectures/index.html  
 www.riken.jp/brict/Yoshizawa/Lectures/Lec22.pdf  
 www.riken.jp/brict/Yoshizawa/Lectures/Ex14.zip

- Ex15内のプログラムを動かしてみる。
- DoG、スタイル化画像。



Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

### 演習:Ex22-1

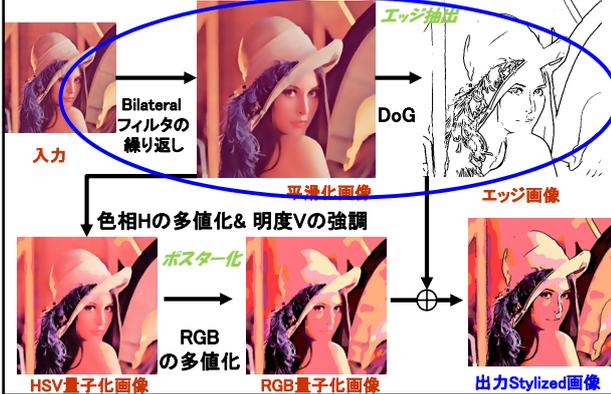
- Ex14.zip内でmakeでコンパイルし、DoGEdge.cxx、DoGEdge2.cxxを動かしてみる。
- DoGEdge.cxx: DoGによるエッジ画像の作成: 引数3.  
 /DoGEdge 畳み込み半径(int) DoG標準偏差(double) DoGバンド幅(double)

```
./DoGEdge lena.bmp ex22_1_1.bmp 10 0.5 2.0、
./DoGEdge lena.bmp ex22_1_2.bmp 10 0.5 3.0、
./DoGEdge lena.bmp ex22_1_3.bmp 10 0.5 4.0、
./DoGEdge lena.bmp ex22_1_4.bmp 10 0.5 5.0」を実行!
```

- DoGEdge2.cxx: DoGエッジと元画像の合成(引数3, DoGEdgeと同じ): DoGEdgeと同じパラメータで出力ファイル名を変えて実行してみましょう!

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

### 2Dの基本フレームワーク



Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

### 復習:Bilateralフィルタとは?



**Gaussian Filter**  $Z(x, y) = g_\sigma(|x-y|)$

**Bilateral Filter**  $Z(x, y) = g_\sigma(|I(x) - I(y)|)g_\sigma(|x-y|)$

$g_\sigma(r) = e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}$

**Spatial-Tonal Normalized Convolution:**  
 $I^{new}(x) = \int Z(x, y)I(y)dy / \int Z(x, y)dy,$

**Intensity (Tonal) Kernel** and **Spatial Kernel**

**エッジ特徴を保存する!**

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

### Bilateralフィルタの繰り返し適用

- エッジ保存平滑フィルタを繰り返し適用するとエッジに沿った領域が断片化される(領域抽出効果):

$$I^{n+1} = \text{Filtering}(I^n)$$

```
for(iteration){
  tmp = Filtering(I);
  I = tmp;
}
```

$$I^{new}(x) = \int Z(x, y)I(y)dy / \int Z(x, y)dy,$$

$$Z(x, y) = g_h(|I(x) - I(y)|)g_\sigma(|x-y|) \quad g_\sigma(r) = e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}$$


$\sigma = 25.0, h = 0.1 \times$  輝度値の標準偏差

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

### DoG+Bilateralフィルタ

- Bilateralフィルタを繰り返し適用後にDoGを適用:

上: 入力画像にDoG:



下: Bilateralフィルタ3回適用後にDoG:



$\sigma = 0.5, K=2, K=3, K=4, K=5$

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

## DoG+Bilateralフィルタ

✓ Bilateralフィルタ後の画像と合成すると…  
上: 入力画像にDoG:

下: Bilateralフィルタ3回適用後にDoG:

$\sigma = 0.5$     $K = 2$     $K = 3$     $K = 4$     $K = 5$

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

## 演習:Ex22-2

✓ Ex14.zip内でmakeでコンパイルし、DoGEdgeBilateral.cxx、DoGEdgeBilateral2.cxxを動かしてみる。  
✓ DoGEdgeBilateral.cxx: DoG+Bilateralフィルタによるエッジ画像の作成: 引数6.  
./DoGEdgeBilateral 畳み込み半径(int) DoG標準偏差(double) DoGバンド幅(double) Bilateralフィルタの空間標準偏差(double) 輝度標準偏差(double) 繰り返し回数(int)  
「./DoGEdgeBilateral lena.bmp ex22\_2\_1.bmp 10 0.5 2.0 25.0 0.25 3」、  
「./DoGEdgeBilateral lena.bmp ex22\_2\_2.bmp 10 0.5 3.0 25.0 0.25 3」

✓ DoGEdgeBilateral2.cxx: DoGエッジと元画像の合成(引数6, DoGEdgeBilateralと同じ): DoGEdgeBilateralと同じパラメータで出力ファイル名を変えて実行してみましょう!

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

## 2Dの基本フレームワーク

入力 → Bilateralフィルタの繰り返し → 平滑化画像 → DoG → エッジ抽出 → エッジ画像

HSV量子化画像 → 色相Hの多値化& 明度Vの強調 → ポスター化 → RGBの多値化 → RGB量子化画像

エッジ画像 + RGB量子化画像 → 出力Stylized画像

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

## ポスター化

✓ 多値化で量子化する事でポスター化:  
- RGB毎に多値化すると色が混ざる。  
- HSV空間の色相(H)で多値化し明度(V)を強調。

Bilateralフィルタ3回適用後 → BGG毎に4段階の値へ量子化

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

## ポスター化2

✓ HSV空間の色相(H)で多値化し明度(V)を強調。

✓ 色相(Hue): 色の様相の相違: 光の波長の様相。

✓ 彩度(Saturation/Chroma): 鮮やかさ。

✓ 明度(brightness/value/intensity): 明るさ。

色相を16段階の値へ量子化+明度を強調。

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

## ポスター化3

✓ HSV空間の色相(H)で多値化し明度(V)を強調。

RGB毎の混色で鏡面的効果を演出。

色相を16段階の値へ量子化+明度を強調 + RGB毎に4段階に多値化。

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

### RGB⇔HSV変換

✓ RGB⇒HSV: 0~1に正規化されたRGBである画素値のRGBの最大をMAX、最小をMINとすると:

$$H = \begin{cases} 60 \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 0, & \text{if } MAX = R \\ 60 \times \frac{B-R}{MAX-MIN} + 120, & \text{if } MAX = G \\ 60 \times \frac{R-G}{MAX-MIN} + 240, & \text{if } MAX = B \end{cases} \quad V = \frac{MAX}{MAX} \quad S = \frac{MAX-MIN}{MAX}$$

- ただし、Hが負ならH = H + 360.

✓ HSV⇒RGB: mod XはXで割った余り、[X]は整数化.

$$H_i = \lfloor \frac{H}{60} \rfloor \pmod{6}$$

$$f = \frac{H}{60} - H_i$$

if  $H_i = 0 \rightarrow R = V, G = t, B = p$   
 if  $H_i = 1 \rightarrow R = q, G = V, B = p$   
 if  $H_i = 2 \rightarrow R = p, G = V, B = t$   
 if  $H_i = 3 \rightarrow R = p, G = q, B = V$   
 if  $H_i = 4 \rightarrow R = t, G = p, B = V$   
 if  $H_i = 5 \rightarrow R = V, G = p, B = q$

$p = V(1 - S)$   
 $q = V(1 - fS)$   
 $t = V(1 - (1 - f)S)$

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

### RGB毎、色相Hの量子化と明度Vの強調

✓ RGB毎、色相(H)をN個の値に線形変換する:

1. N/最大値を乗算.
2. 整数にする(四捨五入).
3. 最大値/Nを乗算.

✓ 明度(V)の強調: alphaはパラメータ、

1. 0~1に正規化する.
2.  $V \leftarrow 20V - 10$ .
3.  $V \leftarrow 255 / (1 + \exp(-\alpha V))$

16色、強調なし

$\alpha$ : 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

### 色相Hの量子化

入力: 256<sup>3</sup>色

2色 3色 4色 5色 6色 7色 8色

V強調なし、明度・彩度は256段階.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

### 色相Hの量子化

2色 3色 4色 6色 7色 8色

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

### ポスター化4

✓ HSV空間の色相(H)で多値化し明度(V)を強調その後RGB毎に多値化を行う.

- ✓ 色相(Hue): 色の様相の相違: 光の波長の様相.
- ✓ 彩度(Saturation/Chroma): 鮮やかさ.
- ✓ 明度(brightness/value/intensity): 明るさ.

RGB量子化 HSV量子化

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

### H量子化後にRGBの量子化

入力: 256<sup>3</sup>色

2<sup>3</sup>色 3<sup>3</sup>色 4<sup>3</sup>色 5<sup>3</sup>色 6<sup>3</sup>色 7<sup>3</sup>色 8<sup>3</sup>色

色相Hは16段階、明度V強調0.5、彩度は256段階.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

## H量子化後にRGBの量子化

2<sup>3</sup>色  
3<sup>3</sup>色  
4<sup>3</sup>色  
6<sup>3</sup>色  
7<sup>3</sup>色  
8<sup>3</sup>色  
色相Hは16段階、明度V強調0.2

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

## 2Dの基本フレームワーク

入力  
Bilateralフィルタの繰り返し  
平滑化画像  
色相Hの多値化& 明度Vの強調  
ポスト処理  
HSV量子化画像  
RGB量子化画像  
エッジ抽出  
DoG  
エッジ画像  
出力Stylized画像

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

## 演習:DoG画像、スタイル画像

[www.riken.jp/brict/Yoshizawa/Lectures/index.html](http://www.riken.jp/brict/Yoshizawa/Lectures/index.html)  
[www.riken.jp/brict/Yoshizawa/Lectures/Lec22.pdf](http://www.riken.jp/brict/Yoshizawa/Lectures/Lec22.pdf)  
[www.riken.jp/brict/Yoshizawa/Lectures/Ex14.zip](http://www.riken.jp/brict/Yoshizawa/Lectures/Ex14.zip)

- Ex15内のプログラムを動かしてみる.
- スタイル化画像.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

## 演習:Ex23-3

- ✓ Style.cxx: Artistic Stylization画像の作成(引数11).  
`./Style lena.bmp ex22_st_1.bmp 0 0.5 3.0 25.0 0.1 3 16 0.7 4`と  
`./Style lena.bmp ex22_st_1.bmp 10 0.5 5.0 25.0 0.1 3 16 0.7 4`で実行してみましょう!
- ✓ 自分の画像でDoGEdge.cxxとStyle.cxxをパラメータを調節してスタイリッシュな画像にしてみてください.

Shin Yoshizawa: shin@riken.jp

## 補講の予定

- ✓ 動画処理&レポート4・5の質問など
  - 単位取得についての相談: 就職決まっているので何とかして!  $p(\geq \square \leq)q$ という人は内定書や採用通知のコピーを持って来る事.
  - 基本はレポート4~5をやってもらいます.

補講:1/23(金)  
6128室3, 4, 5限:  
13:00-14:30  
14:40-16:10  
16:20-17:50