

# 画像認識

## 画像変換

佐藤 嘉伸

yoshi@image.med.osaka-u.ac.jp

<http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/member/yoshi/>

日本語ページ 授業の資料 画像認識

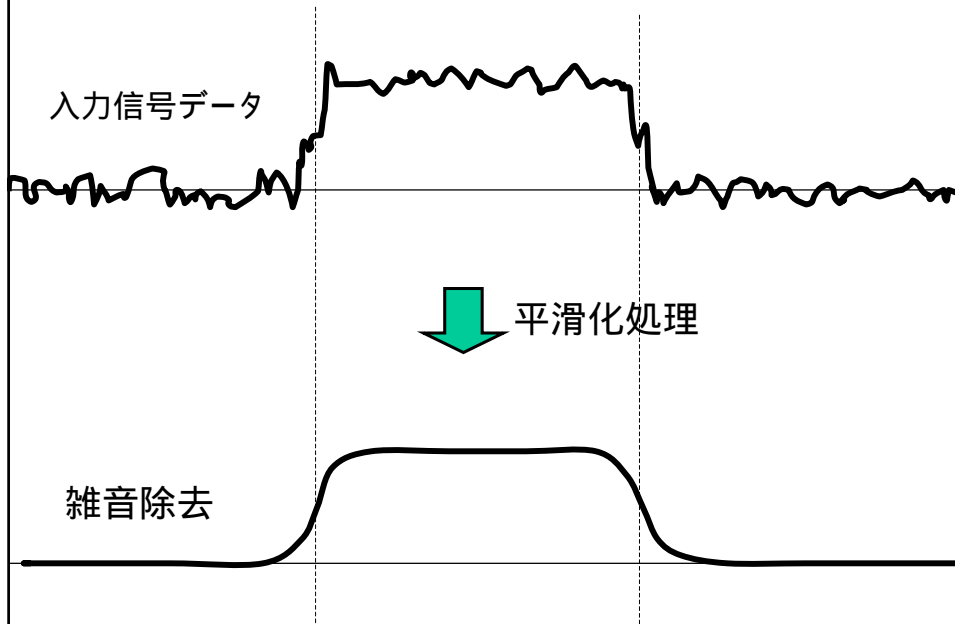
<http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/member/yoshi/lecture.html>

画像認識

## たたみ込み積分の復習

### 平滑化処理

## 典型的なデジタル信号処理



## たたみこみ積分(Convolution) 重要事項

- たたみ込み積分により、平滑化というデジタル信号処理の基本演算を実現できる。

# たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0

## 平滑化処理

隣り合う画素値の(重み付き)平均値を出力

平均値計算の重みパラメータ

たたみ込み核  $(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3})$

左隣画素の重み

↑  
自画素の重み

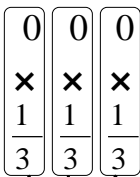
右隣画素の重み

# たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0



0

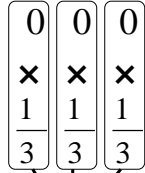
$$(0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) = 0$$

# たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0



$(0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) = 0$

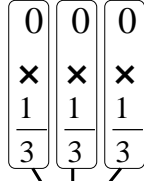
0 0

# たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0



$(0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) = 0$

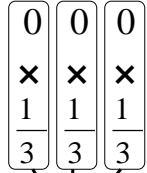
0 0 0

# たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0



$$(0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) = 0$$

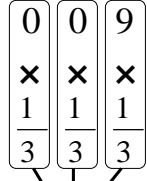
0 0 0 0

# たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0



$$(0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) + (9 \times \frac{1}{3}) = 3$$

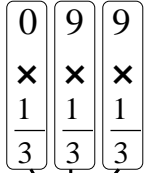
0 0 0 0 3

# たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0



$$(0 \times \frac{1}{3}) + (9 \times \frac{1}{3}) + (9 \times \frac{1}{3}) = 6$$

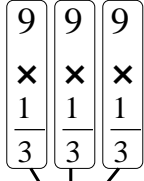
0 0 0 0 3 6

# たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0



$$(9 \times \frac{1}{3}) + (9 \times \frac{1}{3}) + (9 \times \frac{1}{3}) = 9$$

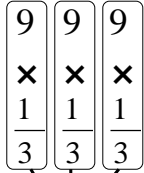
0 0 0 0 3 6 9

# たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0



$$(9 \times \frac{1}{3}) + (9 \times \frac{1}{3}) + (9 \times \frac{1}{3}) = 9$$

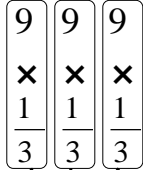
0 0 0 0 3 6 9 9

# たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0



$$(9 \times \frac{1}{3}) + (9 \times \frac{1}{3}) + (9 \times \frac{1}{3}) = 9$$

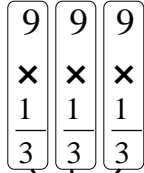
0 0 0 0 3 6 9 9 9

# たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0



$$(9 \times \frac{1}{3}) + (9 \times \frac{1}{3}) + (9 \times \frac{1}{3}) = 9$$

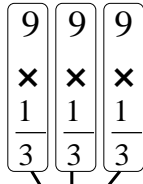
0 0 0 0 3 6 9 9 9 9

# たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0



$$(9 \times \frac{1}{3}) + (9 \times \frac{1}{3}) + (9 \times \frac{1}{3}) = 9$$

0 0 0 0 3 6 9 9 9 9 9

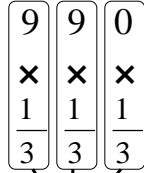


# たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0



$$(9 \times \frac{1}{3}) + (9 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) = 6$$



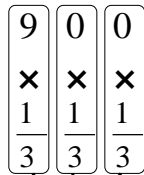
0 0 0 0 3 6 9 9 9 9 9 6

# たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0



$$(9 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) = 3$$



0 0 0 0 3 6 9 9 9 9 9 6 3

## たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0

0 0 0  
× × ×  
 $\frac{1}{3}$   $\frac{1}{3}$   $\frac{1}{3}$   
3 3 3

$$(0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) = 0$$



0 0 0 0 3 6 9 9 9 9 9 6 3 0

## たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0

0 0 0  
× × ×  
 $\frac{1}{3}$   $\frac{1}{3}$   $\frac{1}{3}$   
3 3 3

$$(0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) = 0$$



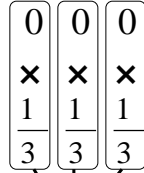
0 0 0 0 3 6 9 9 9 9 9 6 3 0 0

## たたみこみ積分(Convolution)

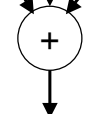
信号

9

0 0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 0 0



$$(0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) = 0$$



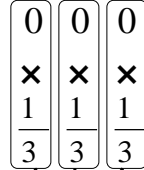
0 0 0 0 3 6 9 9 9 9 9 6 3 0 0 0

## たたみこみ積分(Convolution)

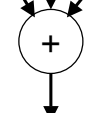
信号

9

0 0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0



$$(0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) = 0$$



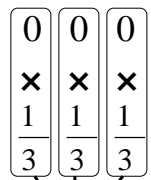
0 0 0 0 3 6 9 9 9 9 9 6 3 0 0 0 0

# たたみこみ積分(Convolution)

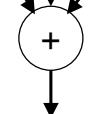
信号

9

0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0



$$(0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) = 0$$



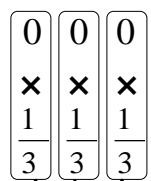
0 0 0 0 3 6 9 9 9 9 9 6 3 0 0 0 0

# たたみこみ積分(Convolution)

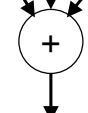
信号

9

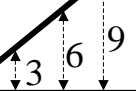
0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0



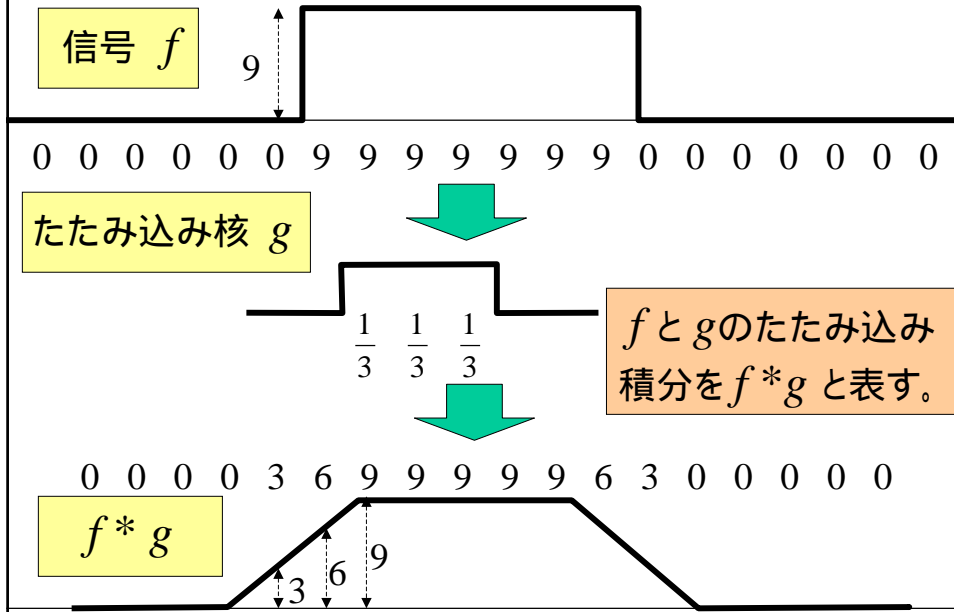
$$(0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) + (0 \times \frac{1}{3}) = 0$$



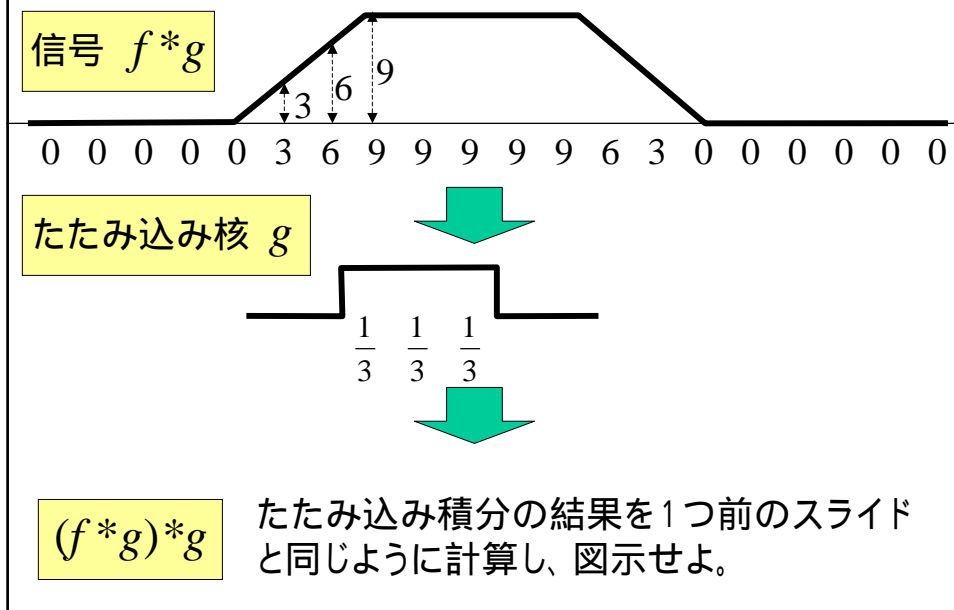
0 0 0 0 3 6 9 9 9 9 9 6 3 0 0 0 0



## 平滑化処理(たたみこみ積分):まとめ

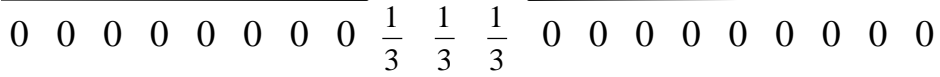


## 演習問題A-1: 平滑化処理: たたみこみ積分

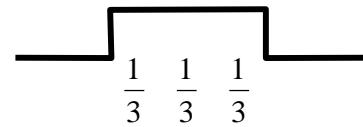


### 演習問題A-2 : 平滑化処理: たたみこみ積分

信号  $g$



たたみ込み核  $g$

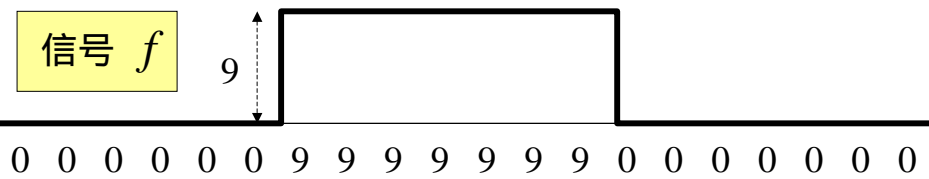


$g * g$

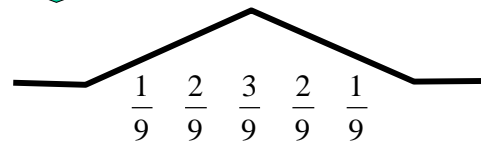
平滑化たたみ込み核の平滑化を行うとどうなるか？

### 演習問題A-3 : 平滑化処理: たたみこみ積分

信号  $f$

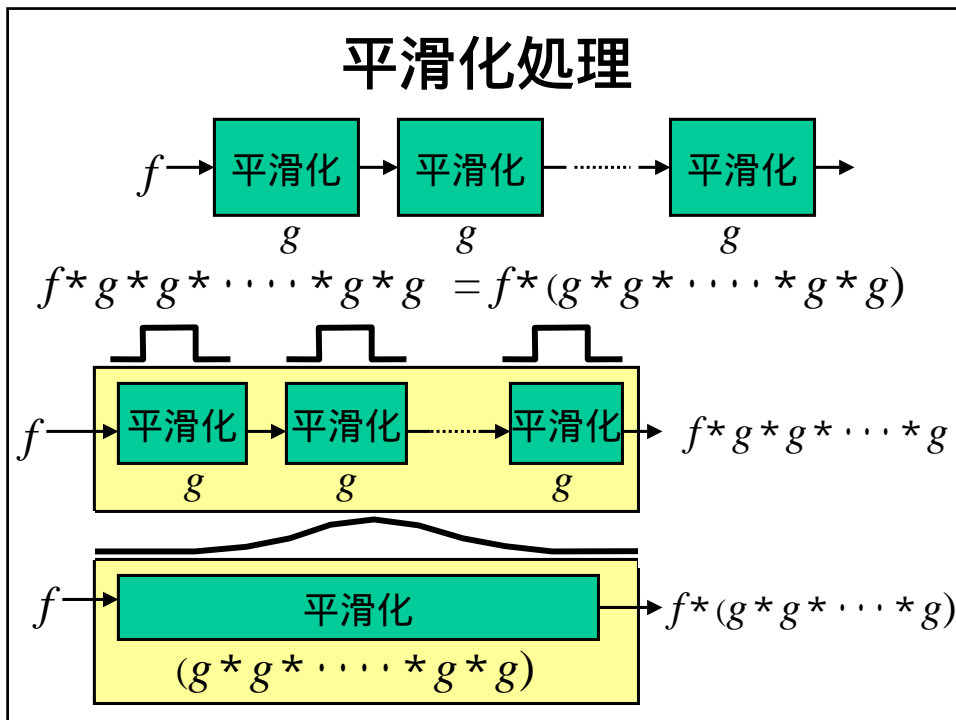
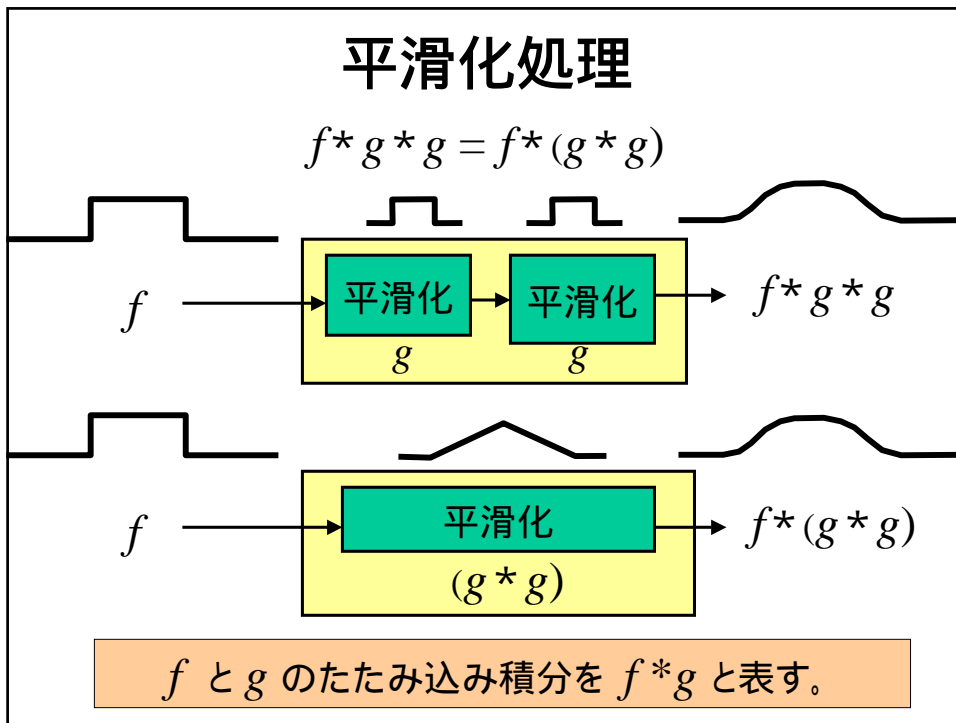


たたみ込み核  $g * g$



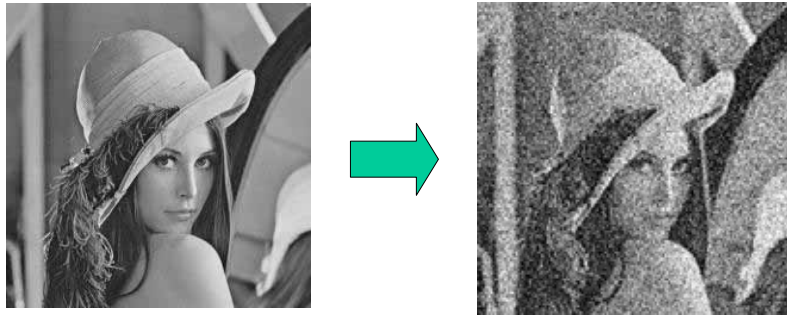
$f * (g * g)$

平滑化たたみ込み核さらに平滑化したたたみ込み核で、平滑化するとどうなるか？



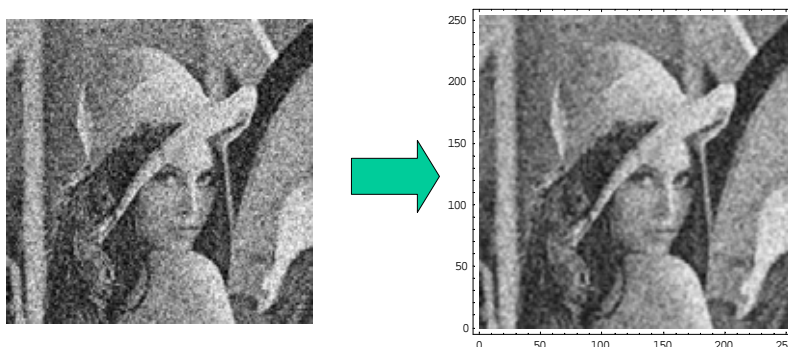
## 2次元画像の平滑化処理

- 雑音による画像の劣化



## 2次元画像の平滑化処理

- 平滑化処理による雑音軽減





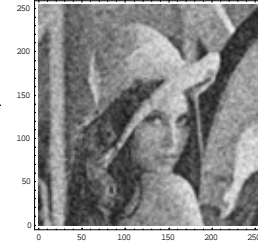
## 2次元画像の平滑化処理

- 平滑化処理による雑音軽減

入力画像  $f$



平滑化画像  $f * g$



たたみ込み核  $g$

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \end{pmatrix}$$

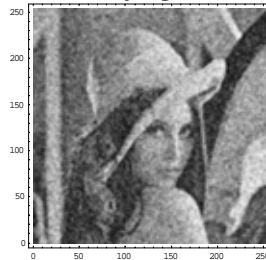
隣合う9個の画素値の(重み付き)平均値を出力する。

## 2次元画像の平滑化処理

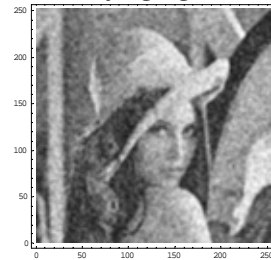
$f$



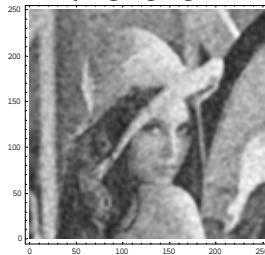
$f * g$



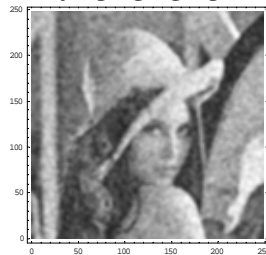
$f * g * g$



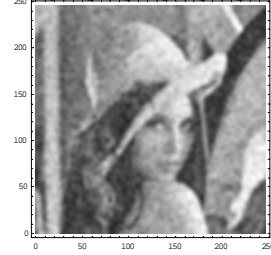
$f * g * g * g$



$f * g * g * g * g$



$f * g * g * g * g * g$



## Mathematica による2次元画像の平滑化: その1

[http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/  
member/yoshi/ouec\\_lecture/image\\_recognition/](http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/member/yoshi/ouec_lecture/image_recognition/)

[http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/  
member/yoshi/lecture.html](http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/member/yoshi/lecture.html) 画像認識をクリック

- Image files の “lena2\_g???.pgm” をダウンロードする。(?? は、2桁の数字で、雑音の大きさを表す。)   
デスクトップにファイルを置いた場合、ファイルパスは、MACでは、  
`/Users/w学籍番号/Desktop/...../bar_data0.txt`  
MACでファイルパスを知る方法  
1 プルダウンメニュー 入力 - > ファイルパスの取得  
2 Terminal にフォルダをおく
- Mathematica でダウンロードした画像を表示する。
- Mathematica で画像の平滑化処理を行う。

## Mathematica による2次元画像の平滑化: その2

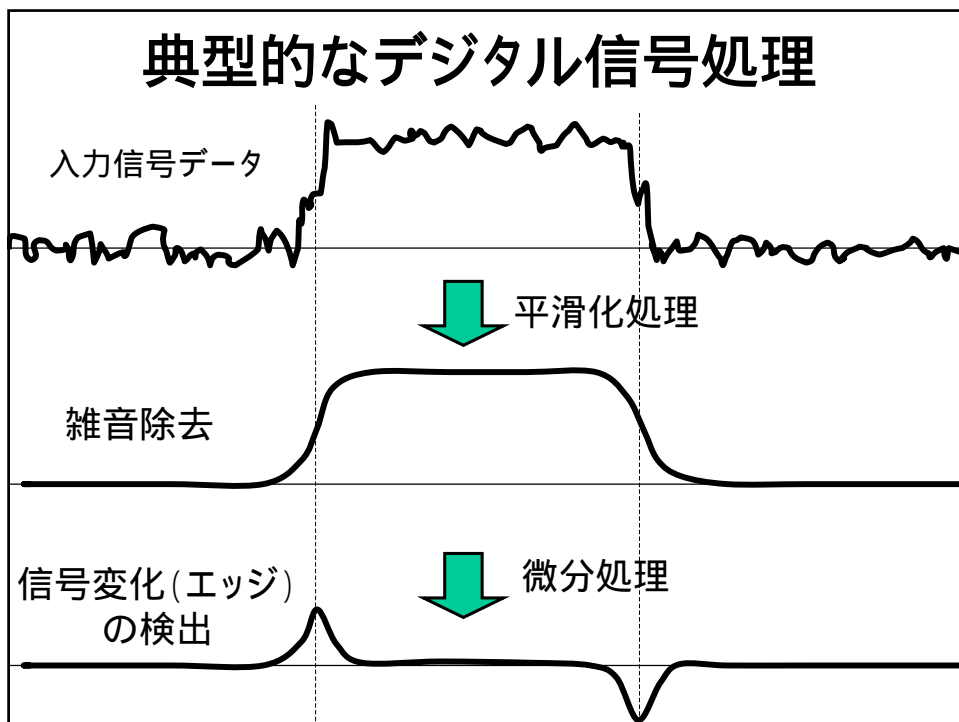
[http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/  
member/yoshi/ouec\\_lecture/image\\_recognition/](http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/member/yoshi/ouec_lecture/image_recognition/)

[http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/  
member/yoshi/lecture.html](http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/member/yoshi/lecture.html) 画像認識をクリック

- Image files の “box64.pgm” をダウンロードする。(平滑化のたたみ込み核である。)   
デスクトップにファイルを置いた場合、ファイルパスは、MACでは、  
`/Users/w学籍番号/Desktop/...../bar_data0.txt`  
MACでファイルパスを知る方法  
1 プルダウンメニュー 入力 - > ファイルパスの取得  
2 Terminal にフォルダをおく
- Mathematica でダウンロードした画像を表示する。
- Mathematica で画像の平滑化処理を行う。

# たたみ込み積分の復習

## 微分処理



## たたみこみ積分(Convolution) 重要事項

- たたみ込み積分により、平滑化や微分など、デジタル信号処理の基本演算を実現できる。

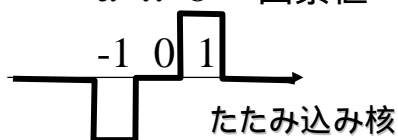
## たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0

$a$   $x$   $b$  画素値



微分処理  
隣合う画素値の  
引き算を計算

微分演算子

画素値      たたみ込み核  
 $a$   $x$   $b$  の  $(-1,0,1)$  による重み付き平均は  $b - a$

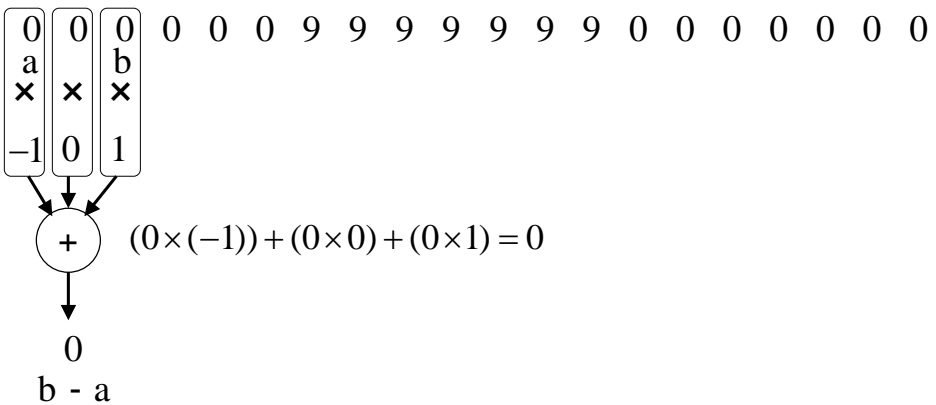
$$a = 0, x = 0, b = 9$$

$$b - a = 9$$

## たたみこみ積分(Convolution)

信号

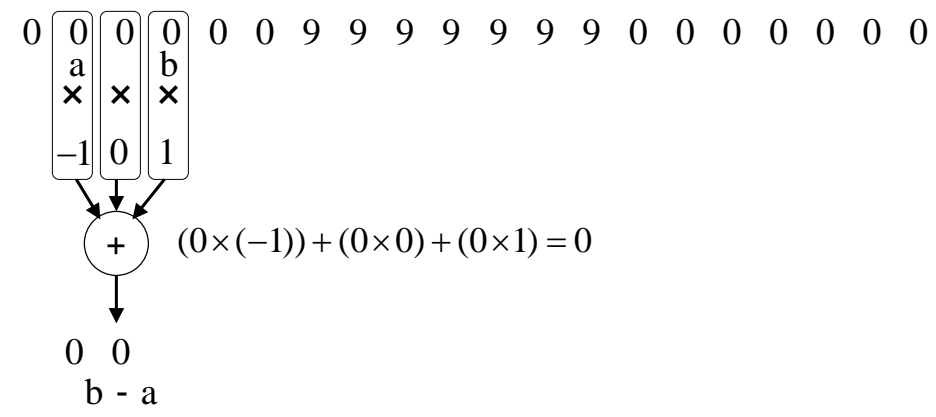
9



## たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

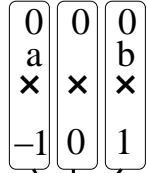


# たたみこみ積分(Convolution)

信号



0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0



$$(0 \times (-1)) + (0 \times 0) + (0 \times 1) = 0$$

0 0 0

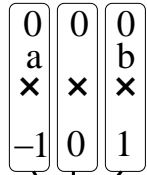
b - a

# たたみこみ積分(Convolution)

信号



0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0



$$(0 \times (-1)) + (0 \times 0) + (0 \times 1) = 0$$

0 0 0 0

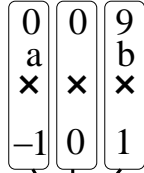
b - a

# たたみこみ積分(Convolution)

信号



0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0



+

$$(0 \times (-1)) + (0 \times 0) + (9 \times 1) = 9$$

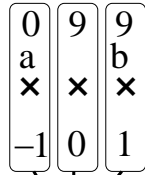
0 0 0 0 9  
b - a

# たたみこみ積分(Convolution)

信号



0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0



+

$$(0 \times (-1)) + (0 \times 0) + (9 \times 1) = 9$$

0 0 0 0 9 9  
b - a

# たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0

9 a  
x  
-1

9 0  
x  
0

9 b  
x  
1

+

$$(9 \times (-1)) + (0 \times 0) + (9 \times 1) = 0$$

0 0 0 0 9 9 0  
b - a

# たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0

9 a  
x  
-1

9 0  
x  
0

9 b  
x  
1

+

$$(9 \times (-1)) + (0 \times 0) + (9 \times 1) = 0$$

0 0 0 0 9 9 0 0  
b - a

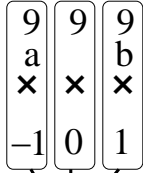


# たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0



$$(9 \times (-1)) + (0 \times 0) + (9 \times 1) = 0$$

0 0 0 0 9 9 0 0 0

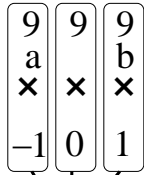
b - a

# たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0 0



$$(9 \times (-1)) + (0 \times 0) + (9 \times 1) = 0$$

0 0 0 0 9 9 0 0 0 0

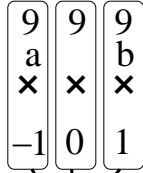
b - a

## たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0



$$(9 \times (-1)) + (0 \times 0) + (9 \times 1) = 0$$



0 0 0 0 9 9 0 0 0 0 0

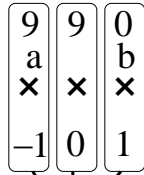
b - a

## たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0



$$(9 \times (-1)) + (0 \times 0) + (0 \times 1) = -9$$



0 0 0 0 9 9 0 0 0 0 0 -9

b - a

## たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0

9 a  
×  
-1

0 0  
×  
0

0 b  
×  
1

$$(9 \times (-1)) + (0 \times 0) + (0 \times 1) = -9$$

+

0 0 0 0 9 9 0 0 0 0 0 0 -9 -9  
b - a

## たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0

0 a  
×  
-1

0 0  
×  
0

0 b  
×  
1

$$(0 \times (-1)) + (0 \times 0) + (0 \times 1) = 0$$

+

0 0 0 0 9 9 0 0 0 0 0 0 -9 -9 0  
b - a

## たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0

0 a  
× × ×  
-1 0 1

$$(0 \times (-1)) + (0 \times 0) + (0 \times 1) = 0$$

+

0 0 0 0 9 9 0 0 0 0 0 0 -9 -9 0 0

b - a

## たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0

0 a  
× × ×  
-1 0 1

$$(0 \times (-1)) + (0 \times 0) + (0 \times 1) = 0$$

+

0 0 0 0 9 9 0 0 0 0 0 0 -9 -9 0 0 0 0

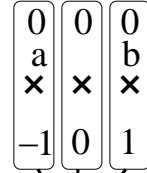
b - a

## たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0



$$(0 \times (-1)) + (0 \times 0) + (0 \times 1) = 0$$



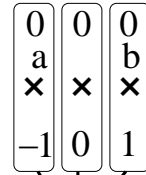
0 0 0 0 9 9 0 0 0 0 0 -9 -9 0 0 0 0  
b - a

## たたみこみ積分(Convolution)

信号

9

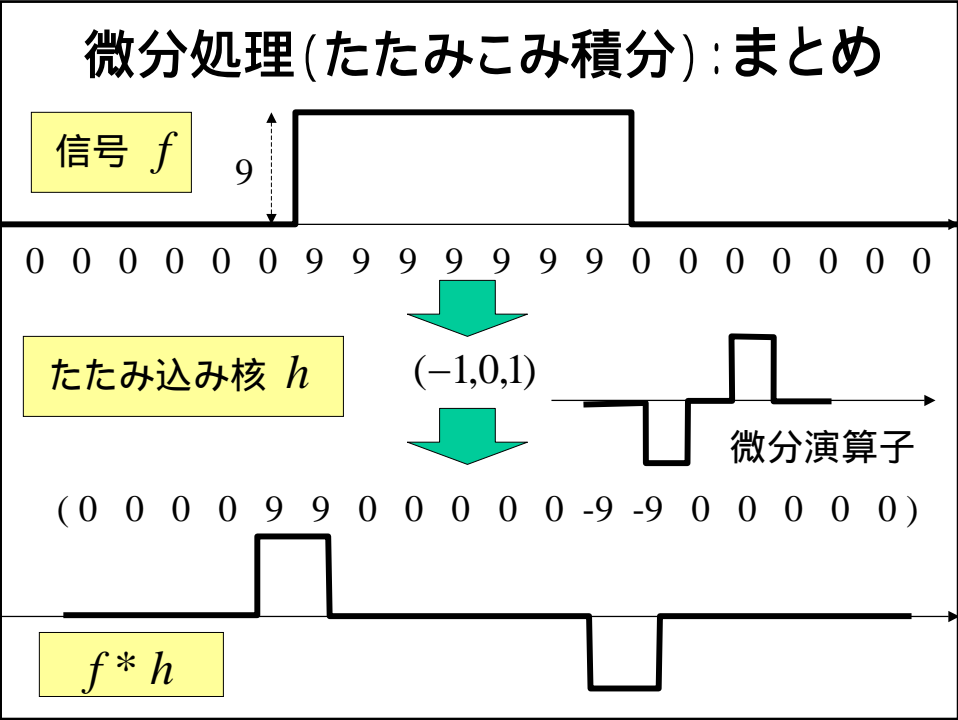
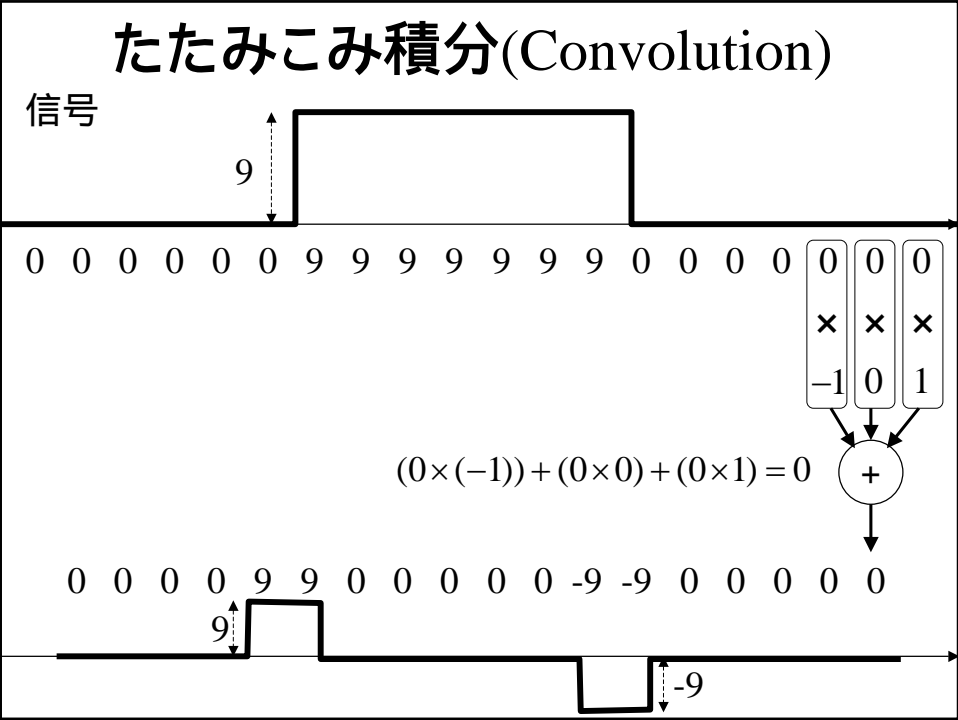
0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0



$$(0 \times (-1)) + (0 \times 0) + (0 \times 1) = 0$$

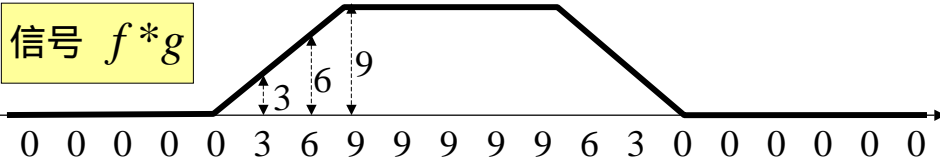


0 0 0 0 9 9 0 0 0 0 0 -9 -9 0 0 0 0  
b - a



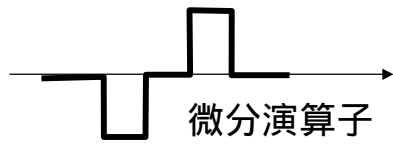
### 演習問題B-1: 微分処理: たたみこみ積分

信号  $f * g$



たたみ込み核  $h$

$(-1, 0, 1)$



$(f * g) * h$

たたみ込み積分の結果を1つ前のスライドと同じように計算し、図示せよ。

### 演習問題B-2: 微分処理: たたみこみ積分

0 0 0 0 0 9 9 0 0 0 0 0 0 -9 -9 0 0 0 0 0

$f * h$

平滑化

たたみ込み核  $g$

$\frac{1}{3} \quad \frac{1}{3} \quad \frac{1}{3}$

$(f * h) * g$

たたみ込み積分の結果を1つ前のスライドと同じように計算し、図示せよ。

### 演習問題B-3: 微分処理: たたみこみ積分

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

たたみ込み核  $h$

平滑化

たたみ込み核  $g$

$\frac{1}{3}$   $\frac{1}{3}$   $\frac{1}{3}$

$h * g$

たたみ込み積分の結果を1つ前のスライドと同じように計算し、図示せよ。

### 演習問題B-4: 微分処理: たたみこみ積分

信号  $f$

9

0 0 0 0 0 0 9 9 9 9 9 9 0 0 0 0 0 0 0 0

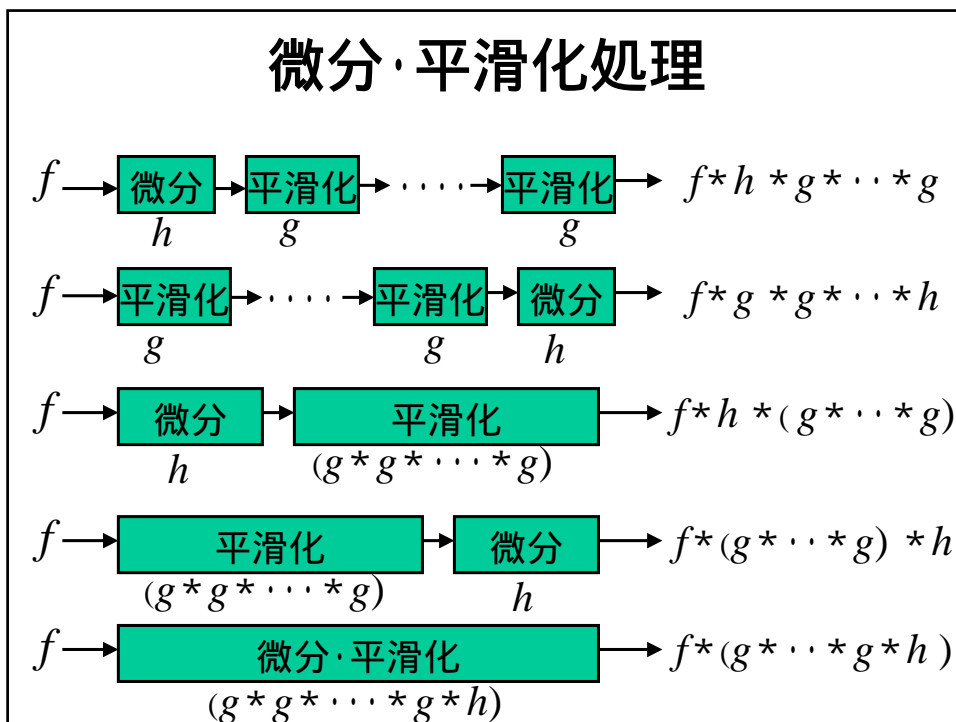
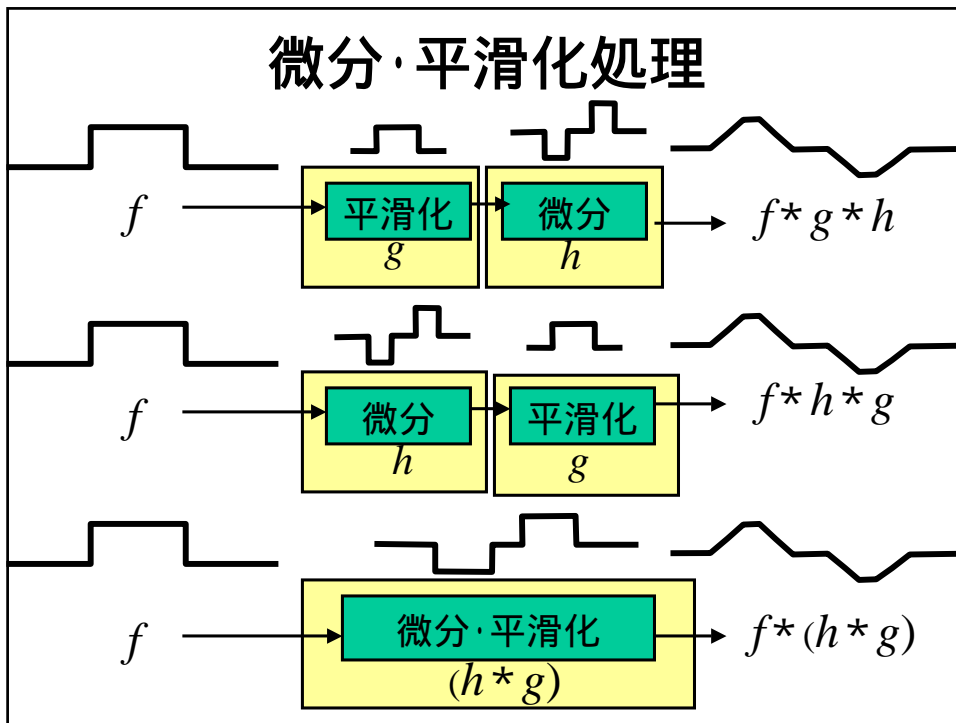
たたみ込み核  $h * g$

$-\frac{1}{3}$   $-\frac{1}{3}$  0  $\frac{1}{3}$   $\frac{1}{3}$

$f * (h * g)$

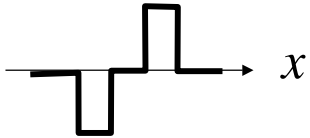
たたみ込み積分の結果を1つ前のスライドと同じように計算し、図示せよ。

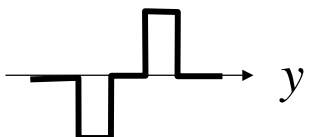




## 2次元画像の微分たたみ込み核

- 1次微分

x方向微分  $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$   $(-1,0,1)$  

y方向微分  $\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$   $(-1,0,1)$  

## 2次元画像の微分たたみ込み核

- 演習問題B-5 : 1次微分と平滑化の組み合わせ

x方向微分  $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$  \*  $\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$  = どのようなたたみ込み核になるか？

y方向微分  $\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$  \*  $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$  = どのようなたたみ込み核になるか？

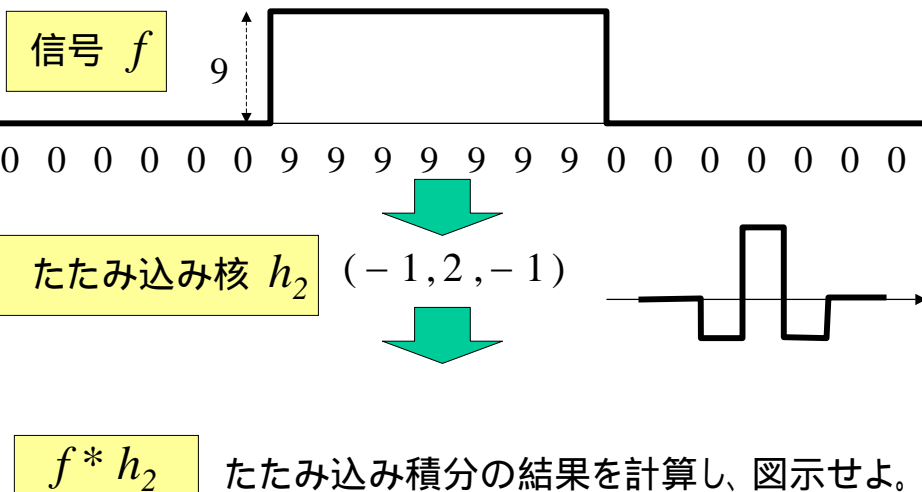
\* たたみ込み積分

## 2次元画像の微分たたみ込み核

- **演習問題B-6** : 2次微分(1次微分のさらに1次微分)  
- 方向微分

	1次微分	1次微分	2次微分
x方向微分	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	= どのようなたたみ込み核になるか?
y方向微分	$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	= どのようなたたみ込み核になるか?

## 演習問題B-7 : 2次微分



## 演習問題B-7 : 2次微分

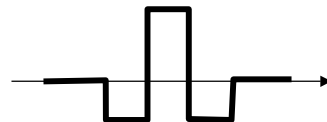
信号  $f$

9

3 3 3 3 3 3 12 12 12 12 12 12 3 3 3 3 3 3

たたみ込み核  $h_2$

$(-1, 2, -1)$



$f * h_2$

たたみ込み積分の結果を計算し、図示せよ。

## 2次元画像の微分たたみ込み核

### • 演習問題B-8 : ラプラシアン

$-x$ 方向2次微分 +  $y$ 方向2次微分 = ラプラシアン

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

+

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

= どのようなたたみ込み核になるか？

## 2次元画像の微分たたみ込み核

- 演習問題B-9 : ラプラシアンと平滑化の組合せ

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} = \text{どのようなたたみ込み核になるか?}$$

## 2次元画像の微分たたみ込み核

- 演習問題B-9 : ラプラシアンと平滑化の組合せ

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

## 2次元画像の微分たたみ込み核

- 演習問題B-9' : ラプラシアンと平滑化の組合せ2

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 & -1 & 0 \\ -1 & 2 & 1 & 2 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & 1 & -1 \\ -1 & 2 & 1 & 2 & -1 \\ 0 & -1 & -1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$* \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

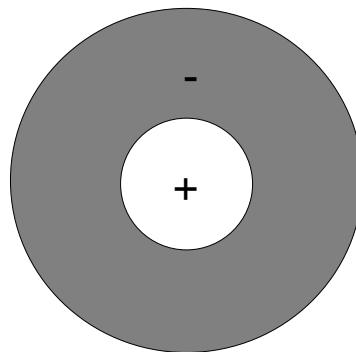
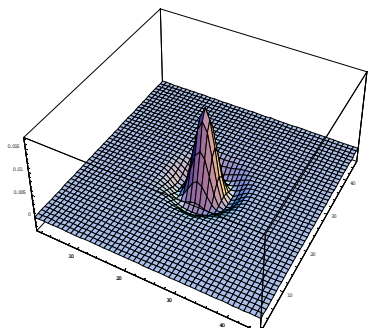
=

どのようなたたみ込み核になるか？

## 2次元画像の微分たたみ込み核

- ラプラシアンとさらなる平滑化の組合せ

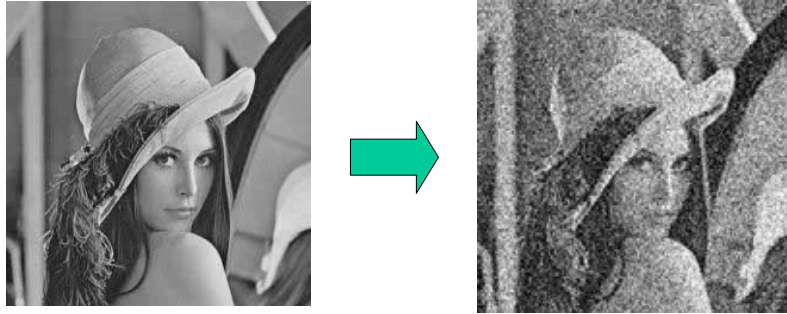
$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \dots \dots * \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} =$$



ON中心細胞に似ている

## 2次元画像の平滑化・輪郭強調

- 雑音による画像の劣化



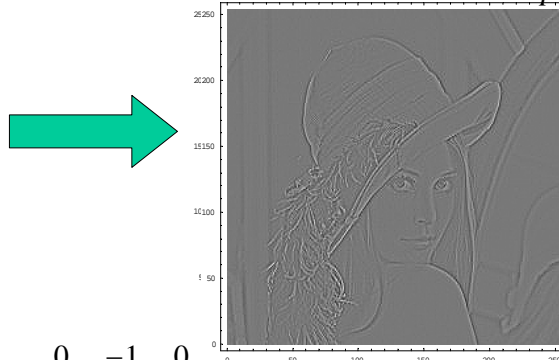
## 2次元画像の平滑化・輪郭強調

- ラプラシアンによる輪郭強調

入力画像  $f$



ラプラシアン画像  $f * h_{Lap}$



たたみ込み核  $h_{Lap}$

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

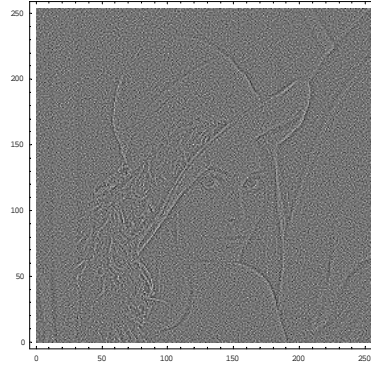
## 2次元画像の平滑化・輪郭強調

- ラプラシアンによる輪郭強調

入力画像  $f$



ラプラシアン画像  $f * h_{Lap}$



たたみ込み核  $h_{Lap}$

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

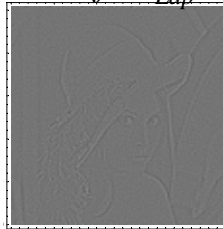
## 2次元画像の平滑化・輪郭強調

$f$

$f * h_{Lap}$

$f * g * h_{Lap}$

$f * g * g * h_{Lap}$

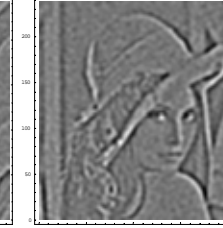


$f * g * g * g * h_{Lap}$

$f * g * g * g * g * h_{Lap}$

$f * g * g * g * g * g * h_{Lap}$

$f * g * g * g * g * g * g * h_{Lap}$





# Mathematica による2次元 画像の平滑化微分:演習

## Mathematica による2次元画像の平滑化微分:その1

[http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/  
member/yoshi/ouec\\_lecture/image\\_recognition/](http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/member/yoshi/ouec_lecture/image_recognition/)  
[http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/  
member/yoshi/lecture.html](http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/member/yoshi/lecture.html) 画像認識をクリック

- Image files の “lena2\_g???.pgm” をダウンロードする。  
(?? は、2桁の数字で、雑音の大きさを表す。)   
デスクトップにファイルを置いた場合、ファイルパスは、MACでは、  
/Users/w学籍番号/Desktop/...../bar\_data0.txt  
MACでファイルパスを知る方法  
1 プルダウンメニュー 入力 -> ファイルパスの取得  
2 Terminal にフォルダをおく
- Mathematica でダウンロードした画像を表示する。
- Mathematica で画像の平滑化微分(ラプラシアン) 処理を行い、その効果を確認する。

## Mathematica による2次元画像の平滑化微分:その1

- Mathematica で画像の平滑化微分(ラプラシアン)処理を行い、その効果を確認する。
  - 入力画像("lena2\_g???.pgm")に、以下のたたみ込み積分(ラプラシアン)を行う。

$$\text{たたみ込み核 } h_{Lap} \begin{array}{ccc} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{array}$$

- 次に、以下のたたみ込み積分(平滑化)を繰り返し行う。

$$\text{たたみ込み核 } g \begin{array}{ccc} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{array}$$

## Mathematica による2次元画像の平滑化微分:その2

[http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/  
member/yoshi/ouec\\_lecture/image\\_recognition/](http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/member/yoshi/ouec_lecture/image_recognition/)  
[http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/  
member/yoshi/lecture.html](http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/member/yoshi/lecture.html)      画像認識をクリック

- Image files の "box64.pgm" をダウンロードする。(平滑化のたたみ込み核である。)
  - デスクトップにファイルを置いた場合、ファイルパスは、MACでは、  
/Users/w学籍番号/Desktop/...../bar\_data0.txt
  - MACでファイルパスを知る方法
    - 1 プルダウンメニュー 入力 -> ファイルパスの取得
    - 2 Terminal にフォルダをおく
- Mathematica でダウンロードした画像を表示する。
- Mathematica で画像の平滑化微分(ラプラシアン)処理を行い、ON中心細胞の受容野を生成する。

## Mathematica による2次元画像の平滑化微分:その2

- Mathematica で画像の平滑化微分(ラプラシアン)処理を行い、ON中心細胞の受容野を生成する。

- 入力画像("box64.pgm")に、以下のたたみ込み積分(ラプラシアン)を行う。

$$\text{たたみ込み核 } h_{Lap} \begin{array}{ccc} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{array}$$

- 次に、以下のたたみ込み積分(平滑化)を繰り返し行う。

$$\text{たたみ込み核 } g \begin{array}{ccc} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{array}$$

ListPlot3D@f2, PlotRange -> AllDでも結果を表示

## Mathematica による2次元画像の平滑化微分:その3

[http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/  
member/yoshi/ouec\\_lecture/image\\_recognition/](http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/member/yoshi/ouec_lecture/image_recognition/)  
[http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/  
member/yoshi/lecture.html](http://www.image.med.osaka-u.ac.jp/member/yoshi/lecture.html) 画像認識をクリック

- Image files の "illusion1.pgm" "illusion4.pgm" をダウンロードする。(錯視図形である。)

デスクトップにファイルを置いた場合、ファイルパスは、MACでは、  
/Users/w学籍番号/Desktop/...../bar\_data0.txt

MACでファイルパスを知る方法

- 1 プルダウンメニュー 入力 -> ファイルパスの取得
- 2 Terminal にフォルダをおく

- Mathematica でダウンロードした画像を表示する。
- Mathematica で画像の平滑化微分(ラプラシアン)処理を行い、錯視のシミュレーションを行う。

### Mathematica による2次元画像の平滑化微分:その3

- Mathematica で画像の平滑化微分(ラプラシアン)処理を行い、錯視のシミュレーションを行う。

- 入力画像("illusion1.pgm")に、以下のたたみ込み積分(ラプラシアン)を行う。

$$\text{たたみ込み核 } h_{Lap} \begin{array}{ccc} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{array}$$

- 次に、以下のたたみ込み積分(平滑化)を繰り返し行う。

$$\text{たたみ込み核 } g \begin{array}{ccc} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{array}$$

人間の視覚で見えるものと、画像処理の結果を比較して、何が言えるかを考えよ。