

Image Information Processing

空間的情報の変換

1

Image Information Processing

フィルタリング 処理

フィルタリング

特定の周波数成分の信号を通過させたり阻止したりする操作をフィルタリングという。

$f(t)$

2

0

-2

$f(t) = 1 + \sin 2\pi t$

$t$

直流成分を通過

$f(t)$

2

0

-2

$f(t) = 1$

$t$

直流成分を阻止

$f(t)$

2

0

-2

$f(t) = \sin 2\pi t$

$t$

2

Image Information Processing

空間フィルタリング

空間フィルタリング

画像中の特定の周波数成分を、通過させたり遮断したりする操作を空間フィルタリングという。

空間フィルタリングは、

画像の平滑化

画像の先鋭化

画像中のエッジの検出

など、様々な目的のために用いられる。

3

Image Information Processing

空間フィルタ

空間フィルタ

原画像における $(i,j)$ 座標の画素値を $x(i,j)$ 、空間フィルタ処理画像における $(i,j)$ 座標の画素値を $y(i,j)$ とすると、

$$y(i,j) = \sum_{m=-M}^M \sum_{n=-N}^N w(m,n) \cdot x(i+m,j+n)$$

とする。ここで、 $w(m,n)$  はフィルタ係数と呼ばれる値であり、各画素値への重み付けの度合いを示す値である。

$(2M+1) \times (2N+1)$ をフィルタの大きさ、あるいはフィルタサイズと呼ぶ。

$file\ size = (2M+1) \times (2N+1)$

4

Image Information Processing

空間フィルタの概念（1）

大きさ $3 \times 3$ の空間フィルタ（ $M=N=1$ の場合）

$y(i,j) = \sum_{m=-1}^1 \sum_{n=-1}^1 w(m,n) \cdot x(i+m,j+n)$

フィルタ係数

$w(-1,-1)$	$w(0,1)$	$w(1,1)$
$w(-1,0)$	$w(0,0)$	$w(1,0)$
$w(-1,-1)$	$w(0,-1)$	$w(1,-1)$

原画像の画素値

$x(i-1,j+1)$	$x(i,j+1)$	$x(i+1,j+1)$
$x(i-1,j)$	$x(i,j)$	$x(i+1,j)$
$x(i-1,j-1)$	$x(i,j-1)$	$x(i+1,j-1)$

$y(i,j)$  処理画像の画素値

$= w(-1,-1) \cdot x(i-1,j-1)$

$+ w(-1,0) \cdot x(i-1,j)$

$+ w(-1,1) \cdot x(i-1,j+1)$

$+ w(0,-1) \cdot x(i,j-1)$

$+ w(0,0) \cdot x(i,j)$

$+ w(0,1) \cdot x(i,j+1)$

$+ w(1,-1) \cdot x(i+1,j-1)$

$+ w(1,0) \cdot x(i+1,j)$

$+ w(1,1) \cdot x(i+1,j+1)$

5

Image Information Processing

空間フィルタの概念（2）

フィルタ係数

$x(i_1,j_1)$

$x(i_2,j_2)$

原画像

$y(i_1,j_1)$

$y(i_2,j_2)$

処理画像

6

$$m \in [-1, 1]$$
$$n \in [-1, 1]$$

85

空間フィルタの概念 (3)

フィルタ係数

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

原画像

14	44	24	54	34
13	43	23	53	33
12	42	22	52	32
11	41	21	51	31
10	40	20	50	30

処理画像


計算式:

$$y(1,3) = 1 \times 42 + 1 \times 13 + 1 \times 23 + 1 \times 44 + (-4) \times 43 = -50$$

$$y(3,1) = 1 \times 50 + 1 \times 21 + 1 \times 31 + 1 \times 52 + (-4) \times 51 = -50$$

演習問題

問題1

以下に示す原画像とフィルタ係数を用いてフィルタ処理を実行した。処理後の画像における①～③の画素値を求めよ。

フィルタ係数

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

原画像

6	7	8	9	10
55	20	65	75	85
35	25	40	45	50
60	30	70	80	90
1	2	3	4	5

処理画像

①	②	③

横着対応相乗  
求和  
放中間

演習問題 解答 (未公開)

① = 30 + 35 - 100 + 40 + 70 = 25

② = 25 + 70 - 160 + 65 + 45 = 45

③ = 80 + 40 - 4 \times 45 + 50 + 75 = 85

平滑化処理

平滑化処理

- 画像における濃淡の変化を滑らかにする処理を、平滑化処理という。
- 平滑化処理は、画像中の細かなノイズを軽減する効果がある。
- 平滑化処理は、平均化フィルタ、ガウスフィルタ、メディアンフィルタなどによって実現される。


降乗

平均化フィルタ


フィルタ係数

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

原画像



処理画像



演習問題

問題2

以下に示す原画像に対して平均化フィルタ処理を実行した。処理後の画像における①～⑨の画素値を求めよ。

フィルタ係数

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

原画像

10	10	10	10	10
10	10	10	100	10
10	100	10	10	10
10	10	10	10	10
10	10	10	10	10

処理画像

⑦	⑧	⑨
④	⑤	⑥
①	②	③

20 30 20  
20 30 20  
20 20 10

## 演習問題 解答 (未公開)

$$\textcircled{1} = \frac{10 \times 8 + 100}{9} = 20.$$

13

## エッジ検出処理

边缘检测处理

## エッジ

- ▶ 一般に、画像は、明るさ、色、模様などの特徴が似ている領域が、多数集まり構成されている。
- ▶ このような領域と領域の境界をエッジという。

## エッジ検出

- ▶ 画像中のエッジ部分を検出することをエッジ検出という。
- ▶ エッジ検出は、画像解析など、多くの分野で用いられている。
- ▶ エッジ検出処理は、微分フィルタ、プリーウィットフィルタ、ソーベルフィルタ、ラプラシアンフィルタなどによって実現される。

14

## 1 次微分

- ▶ 画像における1次微分は、画素値の差分として定義される。

## 正の側の差分

$$f_{x+0}(x, y) \equiv f(x+1, y) - f(x, y)$$

$$f_{y+0}(x, y) \equiv f(x, y+1) - f(x, y)$$

$f(x-1, y+1)$	$f(x, y+1)$	$f(x+1, y+1)$
$f(x-1, y)$	$f(x, y)$	$f(x+1, y)$
$f(x-1, y-1)$	$f(x, y-1)$	$f(x+1, y-1)$

## 負の側の差分

$$f_{x-0}(x, y) \equiv f(x, y) - f(x-1, y)$$

$$f_{y-0}(x, y) \equiv f(x, y) - f(x, y-1)$$

## 両者の平均

$$f_x(x, y) \equiv \frac{f_{x+0}(x, y) + f_{x-0}(x, y)}{2} = \frac{f(x+1, y) - f(x-1, y)}{2}$$

$$f_y(x, y) \equiv \frac{f_{y+0}(x, y) + f_{y-0}(x, y)}{2} = \frac{f(x, y+1) - f(x, y-1)}{2}$$

15

## 1 次微分フィルタ

	正の側の微分	負の側の微分	両者の平均																											
x方向	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>-1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>-1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>-1/2</td><td>0</td><td>1/2</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	-1/2	0	1/2	0	0	0
0	0	0																												
0	-1	1																												
0	0	0																												
0	0	0																												
-1	1	0																												
0	0	0																												
0	0	0																												
-1/2	0	1/2																												
0	0	0																												
y方向	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>-1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	1	0	0	-1	0	0	0	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>-1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	1	0	0	-1	0	<table><tr><td>0</td><td>1/2</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>-1/2</td><td>0</td></tr></table>	0	1/2	0	0	0	0	0	-1/2	0
0	1	0																												
0	-1	0																												
0	0	0																												
0	0	0																												
0	1	0																												
0	-1	0																												
0	1/2	0																												
0	0	0																												
0	-1/2	0																												

16

## 2 次微分

- ▶ 画像における2次微分は、「画素値の差分」の差分として定義される。

$$f_{xx}(x, y) \equiv \{f(x+1, y) - f(x, y)\} - \{f(x, y) - f(x-1, y)\}$$

$$= f(x+1, y) - 2f(x, y) + f(x-1, y)$$

$$f_{yy}(x, y) \equiv \{f(x, y+1) - f(x, y)\} - \{f(x, y) - f(x, y-1)\}$$

$$= f(x, y+1) - 2f(x, y) + f(x, y-1)$$

$f(x-1, y+1)$	$f(x, y+1)$	$f(x+1, y+1)$
$f(x-1, y)$	$f(x, y)$	$f(x+1, y)$
$f(x-1, y-1)$	$f(x, y-1)$	$f(x+1, y-1)$

17

## 2 次微分フィルタ = 正側差分 - 負側差分

	正の側の差分		負の側の差分		2 次微分																											
x方向	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>-1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	-	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>-1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	=	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>-2</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	1	-2	1	0	0	0
0	0	0																														
0	-1	1																														
0	0	0																														
0	0	0																														
-1	1	0																														
0	0	0																														
0	0	0																														
1	-2	1																														
0	0	0																														
y方向	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>-1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	1	0	0	-1	0	0	0	0	-	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>-1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	1	0	0	-1	0	=	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>-2</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	1	0	0	-2	0	0	1	0
0	1	0																														
0	-1	0																														
0	0	0																														
0	0	0																														
0	1	0																														
0	-1	0																														
0	1	0																														
0	-2	0																														
0	1	0																														

18

Image Information Processing

ラプラシアン 拉普拉斯算子

ラプラシアンは、x方向の2次微分とy方向の2次微分の和として定義される。

$$\begin{aligned}\nabla^2 f(x, y) &\equiv f_{xx}(x, y) + f_{yy}(x, y) \\ &= \{f(x+1, y) - 2f(x, y) + f(x-1, y)\} \\ &\quad + \{f(x, y+1) - 2f(x, y) + f(x, y-1)\} \\ &= f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)\end{aligned}$$

$f(x-1, y+1)$	$f(x, y+1)$	$f(x+1, y+1)$
$f(x-1, y)$	$f(x, y)$	$f(x+1, y)$
$f(x-1, y-1)$	$f(x, y-1)$	$f(x+1, y-1)$

19

Image Information Processing

ラプラシアンフィルタ

x方向 2次微分			+	y方向 2次微分			=	ラプラシアン		
0	0	0		0	1	0		0	1	0
1	-2	1		0	-2	0		1	-4	1
0	0	0		0	1	0		0	1	0


20


Image Information Processing

ラプラシアンフィルタ

フィルタ係数

0	1	0
1	-4	1
0	1	0





21

Image Information Processing

演習問題

問題3

以下に示す原画像に対して、x方向の1次微分フィルタ処理を実行した。処理後の画像における①～⑨の画素値を求めよ。

フィルタ係数

0	0	0
0	-1	1
0	0	0

原画像

10	10	10	20	20
10	10	10	20	20
10	10	10	20	20
10	10	10	20	20
10	10	10	20	20

処理画像

	⑦	⑧	⑨
	④	⑤	⑥
	①	②	③

0	10	0
0	10	0
0	10	0

22

Image Information Processing

演習問題 解答 (未公開)

① =

23

Image Information Processing

演習問題

問題4

以下に示す原画像に対して、x方向の1次微分フィルタ処理を実行した。処理後の画像における①～⑨の画素値を求めよ。

フィルタ係数

0	0	0
0	-1	1
0	0	0

原画像

20	20	20	20	20
20	20	20	20	20
10	10	10	10	10
10	10	10	10	10
10	10	10	10	10

処理画像

	⑦	⑧	⑨
	④	⑤	⑥
	①	②	③

0	10	0
0	10	0
0	10	0

24

0	10	0
0	10	0
0	10	0

Image Information Processing

演習問題 解答 (未公開)

25

Image Information Processing

演習問題

問題5

以下に示す原画像に対して、ラプラシアンフィルタ処理を実行した。処理後の画像における①～⑬の画素値を求めよ。

フィルタ係数

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

原画像

60	60	60	60	60	60
60	60	60	60	60	60
60	60	60	60	60	60
60	60	60	50	50	50
60	60	60	50	50	50
60	60	60	50	50	50

処理画像

	⑬	⑭	⑮	⑯
⑨	⑩	⑪	⑫	
⑤	⑥	⑦	⑧	
①	②	③	④	

26

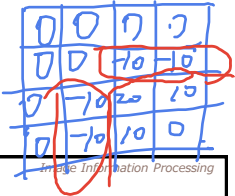


Image Information Processing

演習問題 解答 (未公開)

①  $60 + 60 - 4 \times 60 + 60 + 60 = 0$

②  $60 + 60 - 4 \times 60 + 50 + 60 = -10$

③  $50 + 60 - 4 \times 60 + 50 + 50 = -10$

④ 0

27

Image Information Processing

先鋭化処理

先鋭化処理

画像のエッジ部を強調したり、ぼけた画像をくっきりと鮮明なものにするような処理を、先鋭化処理という。

先鋭化処理は、たとえば、原画像からラプラシアンフィルタ処理画像を引くことによって実現される。この処理は、以下のようなフィルタ処理を実行することと等価である。

原画像を出力する  
フィルタ係数

0	0	0
0	1	0
0	0	0

-

ラプラシアン  
フィルタ係数

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

=

先鋭化  
フィルタ係数

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



28

Image Information Processing

先鋭化フィルタ

フィルタ係数

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



29

Image Information Processing

演習問題

問題6

以下に示す原画像に対して、先鋭化フィルタ処理を実行した。処理後の画像における①～⑬の画素値を求めよ。

フィルタ係数

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

原画像

60	60	60	60	60	60
60	60	60	60	60	60
60	60	60	60	60	60
60	60	60	50	50	50
60	60	60	50	50	50
60	60	60	50	50	50

処理画像

	⑬	⑭	⑮	⑯
⑨	⑩	⑪	⑫	
⑤	⑥	⑦	⑧	
①	②	③	④	

30

①  $60 \times 5 - 4 \times 60 = 60$

②  $60 \times 5 - 60 \times 3 - 60 = 70$

③  $50 \times 5 - 60 \times 3 - 60 = -10$

## 演習問題 解答 (未公開)

$$\textcircled{4} = 60 \times 50 - 4 \times 50 = 50$$

$$\textcircled{5} = 60 \quad \textcircled{6} = 70$$

$$\textcircled{7} = 50 \times 5 - 50 \times 2 - 60 \times 2 = 30$$

31

$$\textcircled{8} = 00 \times 5 - 50 \times 3 - 60$$

$$\textcircled{9} \text{ } 60 = \textcircled{10} \text{ } 40$$

60	60	60	60
60	60	70	70
60	70	30	40
60	70	40	30