

画像情報処理1

－ 第9回 －

立命館大学 情報理工学部

画像・音メディアコース

岩本 祐太郎、徐 剛

シラバス

- ・画像解析するための画像特徴を抽出する方法について学ぶ
- ・画像認識方法(顔, 物体etc.)について学ぶ

9 / 徐剛	画像特徴の抽出 1
	画像の微分、勾配、エッジ抽出、Sobelフィルタ ※【BCPレベル1~2】対面で実施、【BCPレベル3~4】webで実施
10 / 徐剛	画像特徴の抽出 2
	Cannyフィルタ、ヒステリシス閾値処理 ※【BCPレベル1~2】対面で実施、【BCPレベル3~4】webで実施
11 / 徐剛	画像特徴の抽出 3
	2次元特徴、コーナーの抽出、Harrisオペレータ ※【BCPレベル1~2】対面で実施、【BCPレベル3~4】webで実施
12 / 徐剛	画像特徴の抽出 4
	ハフ空間、ハフ変換、直接抽出 ※【BCPレベル1~2】対面で実施、【BCPレベル3~4】webで実施
13 / 徐剛	画像照合と認識 1
	テンプレートマッチング、輝度の線形変換、正規化相関 ※【BCPレベル1~2】対面で実施、【BCPレベル3~4】webで実施
14 / 徐剛	画像照合と認識 2
	ディスタンスマップ、2次元パターンの探索、影や隠れにもロバストなエッジマッチング ※【BCPレベル1~2】対面で実施、【BCPレベル3~4】webで実施
15 / 徐剛	確認テスト(60分)と解説(30分)
	第9~14回の授業内容についてのテスト ※【BCPレベル1~2】対面で実施、【BCPレベル3~4】webで実施

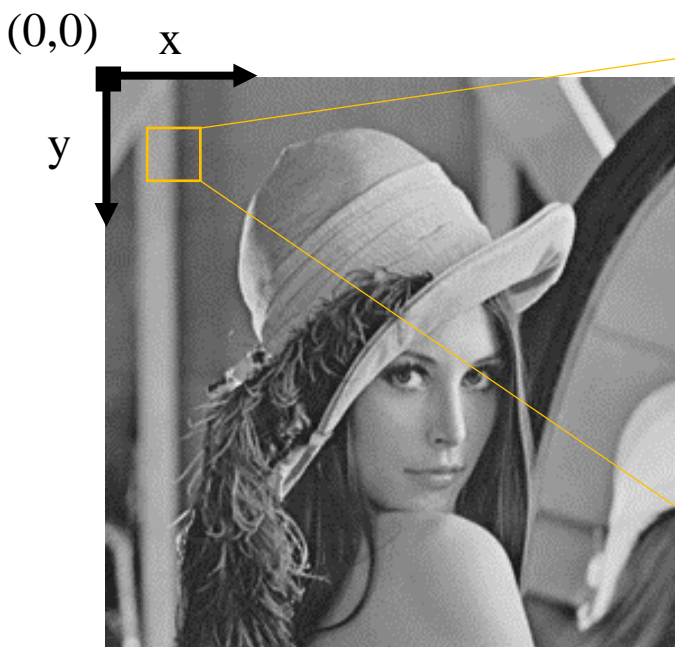
参考文献・データセット

- CG-ARTS, ”ディジタル画像処理[改訂第二版]”, 2020/2/26.
- 神奈川工科大学標準画像/サンプルデータ
http://www.ess.ic.kanagawa-it.ac.jp/app_images_j.html

※スライドの画像は画像処理でよく用いられる上記の標準画像を利用

画像処理 「前提知識」

1. デジタル画像は離散化された数字の集まり
2. 画像の左上を原点にして、横軸x, 縦軸yとする



200	205	90	103
210	219	88	97
214	210	95	100
205	202	102	103

...

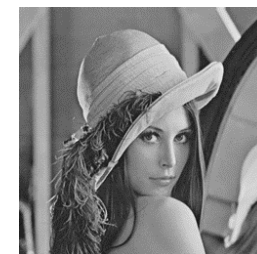
⋮

今日の目的

- 画像処理・解析に興味を持ってもらう

画像特徴を抽出して何ができるのか？

産業応用，アプリケーション



➡ “女性”

画像認識

- 画像特徴の抽出の理解

画像の微分，勾配，エッジ抽出，Sobelフィルタ

original image



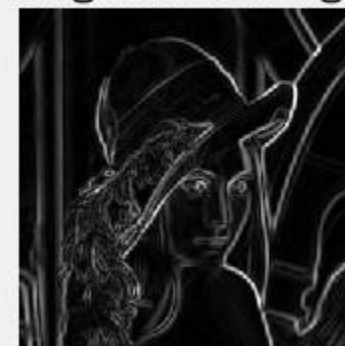
Gradient X image



Gradient Y image



Magnitude image



Sobel フィルタ

画像処理・解析の産業応用 (どんなことができるのだろうか?)

- 画像認識, 自動運転, etc.

- 画像認識(11分10秒~):

FeiFei Li: How we teach computers to understand pictures

URL:<https://www.youtube.com/watch?v=40riCqvRoMs>

- 自動運転(7分30秒~):

Chris Urmson: How a Driverless car sees the road

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=tiwVMrTLUWg>

- 画像解析

- 姿勢推定

Zhe Cao, et.al, "Realtime Multi-Person 2D Human Pose Estimation using Part Affinity Field, CVPR 2017"

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=pW6nZXeWlGM>

- 画質改善

- 解像度の改善

Super-resolution Technology [NEC official]

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=8DPHSwpDNVc>

- 画像加工

- 顔表情のコピー

Justus Thies, et.al, “Face2Face: Real-time Face Capture and Reenactment of RGB Videos”, CVPR2016.

URL: <http://www.graphics.stanford.edu/~niessner/thies2016face.html>

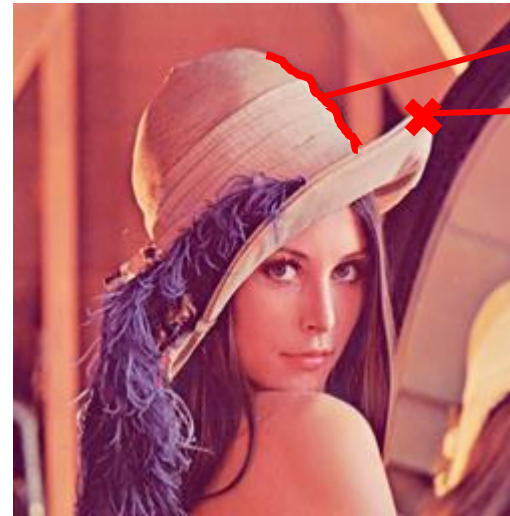
- 画像生成

Phillip Isola, et.al., “Image-to-Image Translation with Conditional Adversal Nets”, CVPR2017.

<https://phillipi.github.io/pix2pix/>

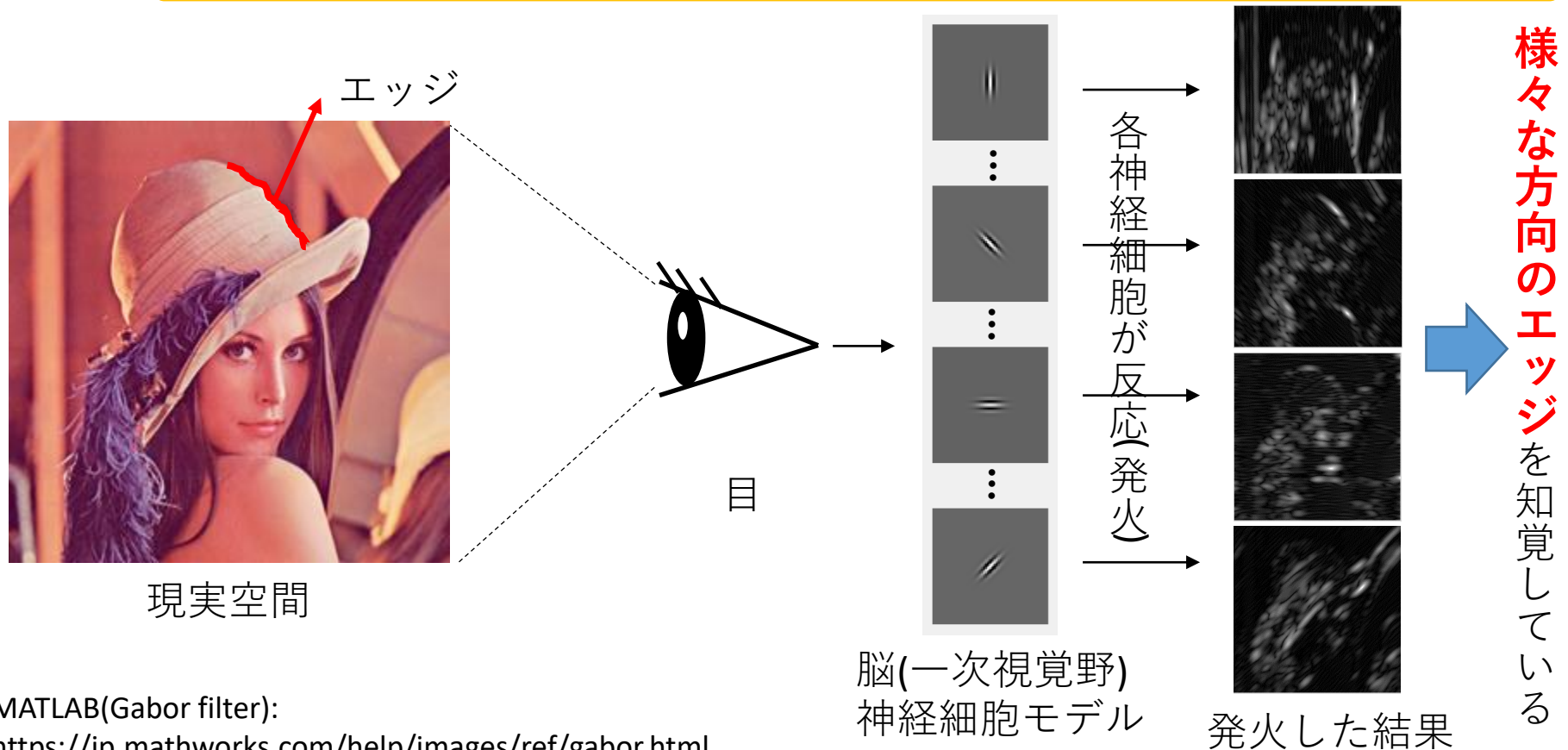
画像特徴の抽出 (画像の特徴って何?)

- 輝度
- 色(R,G,B)
- エッジ
- コーナー
- テクスチャ(模様)
- . . .



画像特徴の抽出（エッジ抽出）

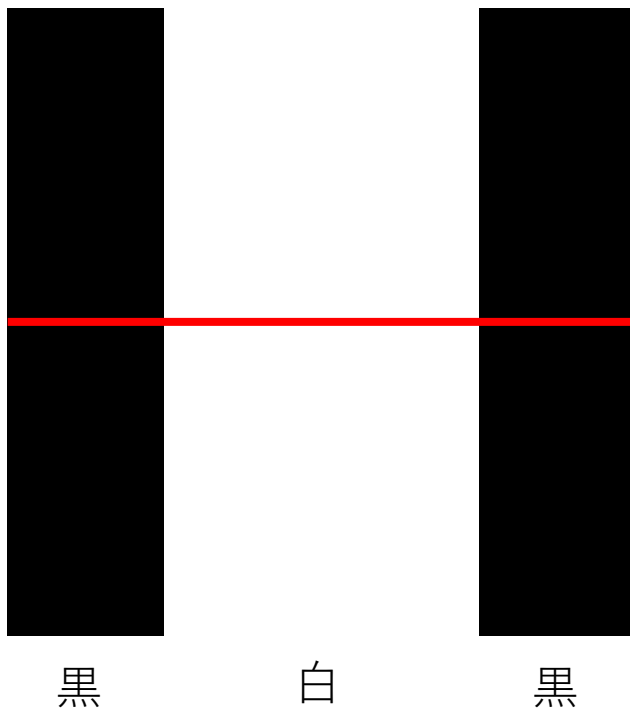
人間の視覚情報処理では初期段階にエッジを検出する。
そのためエッジの抽出は画像処理において重要！



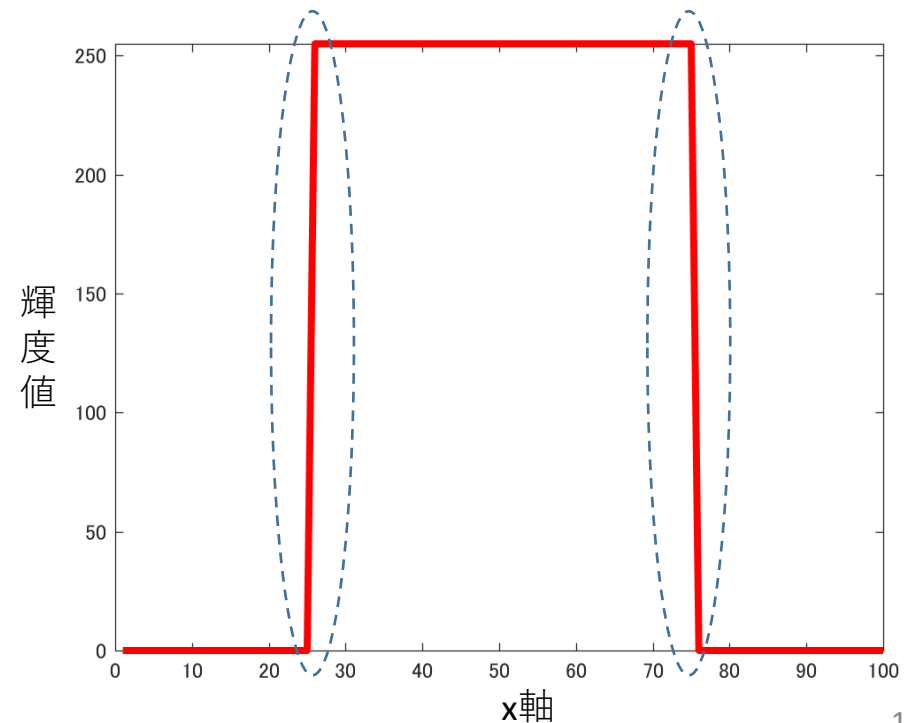
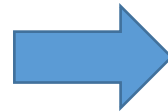
画像特徴の抽出（エッジ抽出）

エッジとは画像中で明るさ(輝度)が急激に変化する箇所をいう。

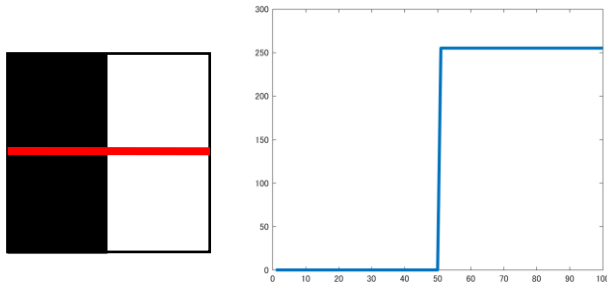
エッジ検出 = 輝度値が急激に変化する箇所を見つけばよい。



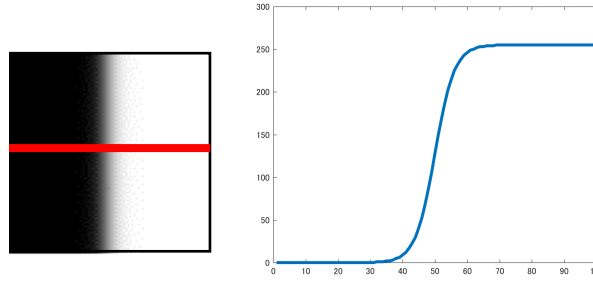
ライン
プロット



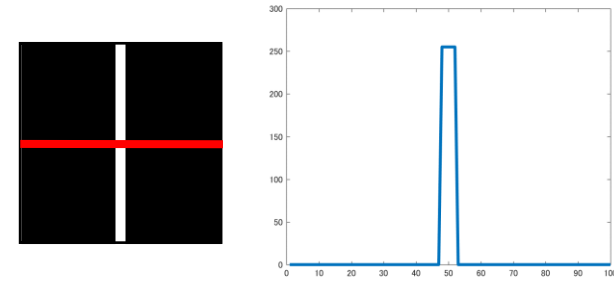
エッジの種類



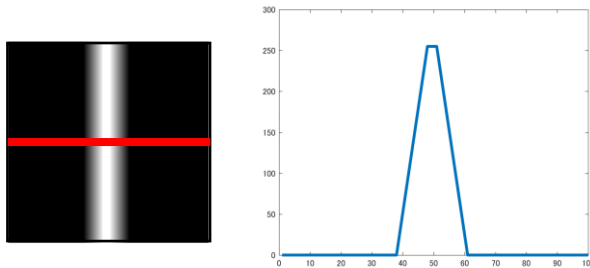
(a) ステップエッジ



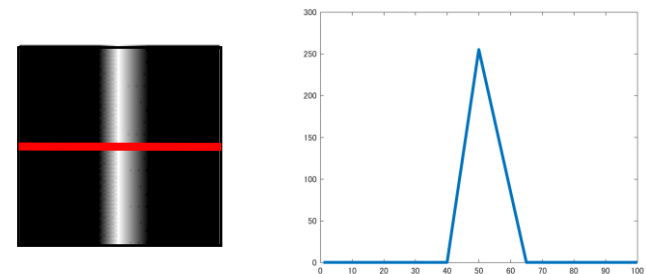
(b) ランプエッジ



(c) ラインエッジ



(d) リッジエッジ

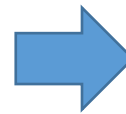
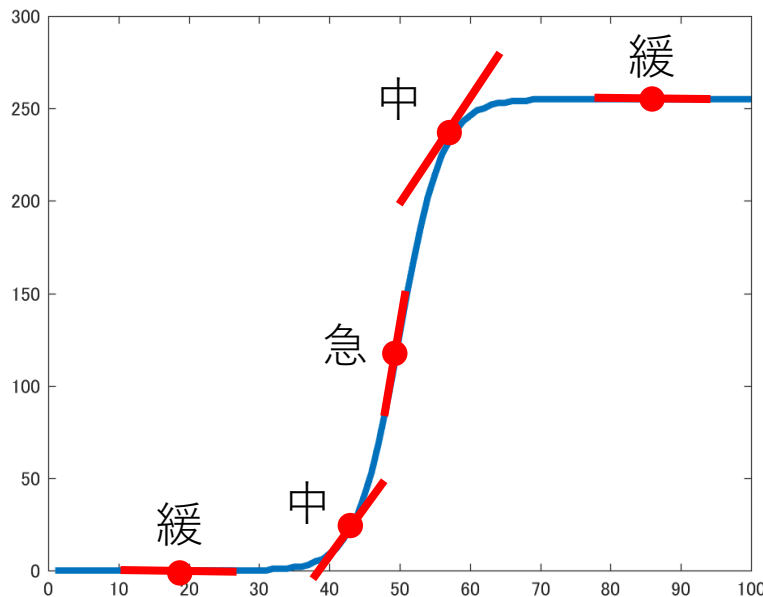


(e) ルーフエッジ

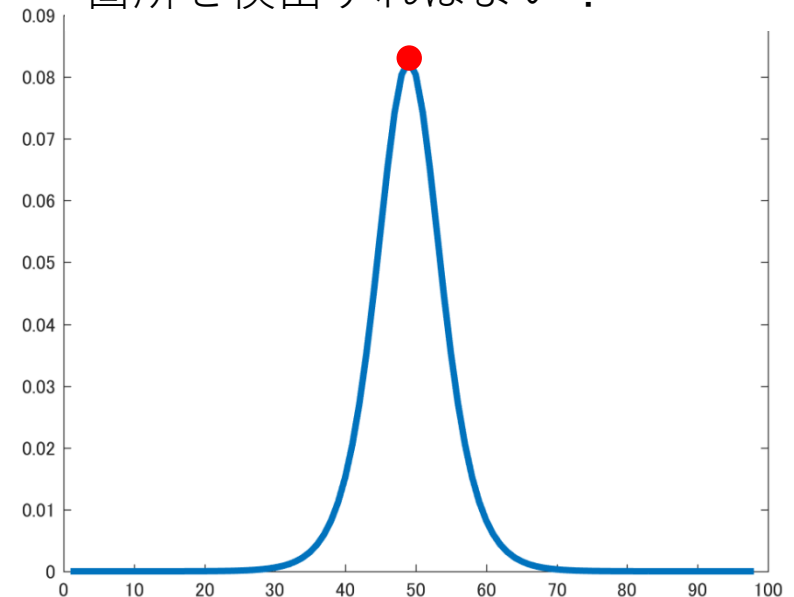
画像特徴の抽出（エッジ抽出）

輝度の変化量が大きいところを検出するには
画像を微分すればよい。

エッジ検出 = 輝度値が急激に変化する箇所を見つけられればよい。
輝度の変化量(傾き)を捉えられればよい = 画像を微分

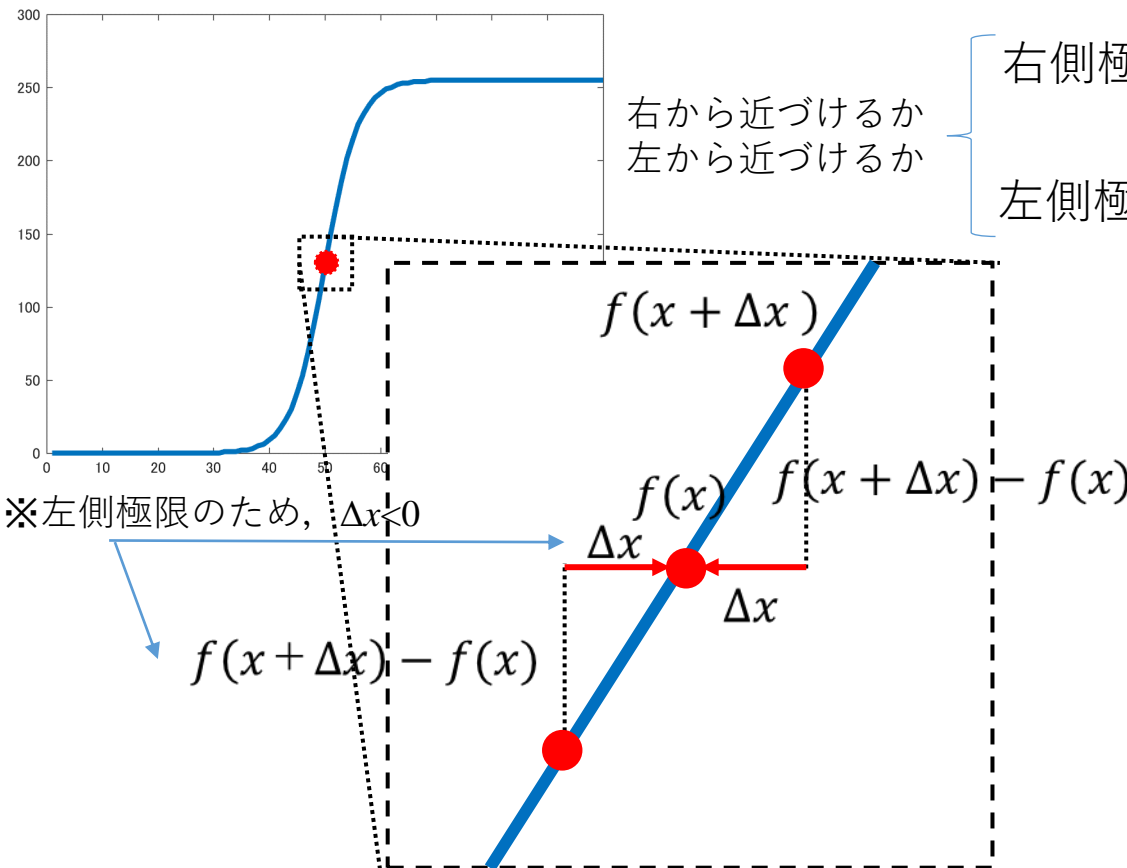


微分値の**絶対値(大きさ)**の大きな
箇所を検出すればよい！



画像処理における微分【x方向】

画像における最小単位は1画素のため、隣の画素との差分を求めれば(数値)微分となる。



$$\text{右側極限: } f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow +0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

$$\text{左側極限: } f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow -0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

Δx 動いたときにどれだけ
変化するか = 傾き



離散画像の場合,
右側極限: $\Delta x = 1$
左側極限: $\Delta x = -1$

$$f'(x) = f(x + 1) - f(x)$$

$$f'(x) = f(x) - f(x - 1)$$

画像処理における微分【x方向】

■ $f'(x) = 1 \cdot f(x+1) - 1 \cdot f(x)$

	$f(x)$	$f(x+1)$

画像

.*

0	0	0
0	-1	1
0	0	0

微分フィルタ1

Memo: 画像処理の場合，右極限からの微分値と左極限からの微分値が異なる．その平均

■ $f'(x) = f(x+1)/2 - f(x-1)/2$

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

微分フィルタ3

平均

■ $f'(x) = 1 \cdot f(x) - 1 \cdot f(x-1)$

$f(x-1)$	$f(x)$	

画像

.*

0	0	0
-1	1	0
0	0	0

微分フィルタ2

※中心差分の考え方

※右方向を正

【復習】 フィルタリング処理

画像のフィルタリングは各画素をフィルタと重ね合わせ，要素毎の積をとりその和を求めればよい。

$$11 = -1 \cdot 12 + 1 \cdot 23$$

10	15	20	25	80	85
12	13	23	83	90	93
13	23	80	92	55	67
12	92	74	62	22	23
90	92	63	18	23	22
88	60	15	23	31	18

画像(f)

$\ast 1/2$

0	0	0
-1	0	1
0	0	0

フィルタ(g)

$f \ast g$

$1/2$

	11				

【復習】 フィルタリング処理

画像のフィルタリングは各画素をフィルタと重ね合わせ，要素毎の積をとりその和を求めればよい。

$$11 = -1 \cdot 12 + 1 \cdot 23$$

$$70 = -1 \cdot 13 + 1 \cdot 83$$

10	15	20	25	80	85
12	13	23	83	90	93
13	23	80	92	55	67
12	92	74	62	22	23
90	92	63	18	23	22
88	60	15	23	31	18

画像(f)

0	0	0
-1	0	1
0	0	0

フィルタ(g)

$\ast 1/2$

$f \ast g$

	11	70			

$1/2$

【復習】 フィルタリング処理

画像のフィルタリングは各画素をフィルタと重ね合わせ，要素毎の積をとりその和を求めればよい。

$$11 = -1 \cdot 12 + 1 \cdot 23$$

$$70 = -1 \cdot 13 + 1 \cdot 83$$

⋮

10	15	20	25	80	85
12	13	23	83	90	93
13	23	80	92	55	67
12	92	74	62	22	23
90	92	63	18	23	22
88	60	15	23	31	18

画像(f)

0	0	0
-1	0	1
0	0	0

フィルタ(g)

$\times 1/2$

$f * g$

$1/2$

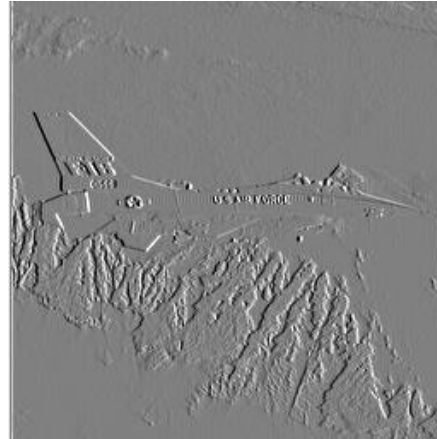
	11	70	67	10	
	67	69	-25	-25	
	62	-30	-52	-39	
	-27	-74	-40	4	

Memo: 画像処理の場合，右極限からの微分値と左極限からの微分値が異なる． (*Diff1*)

画像の微分

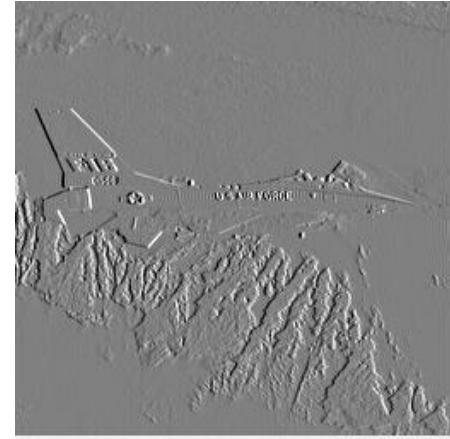


image



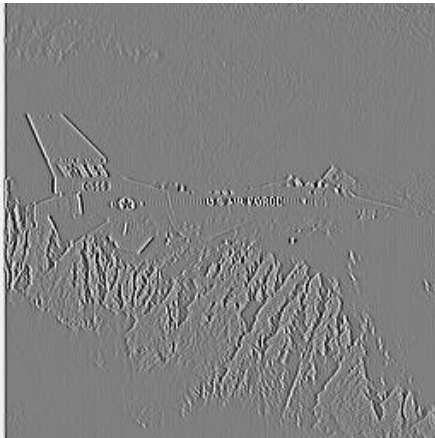
$$G1 = image * f1'$$

$$f1'(x) = f(x+1) - f(x)$$

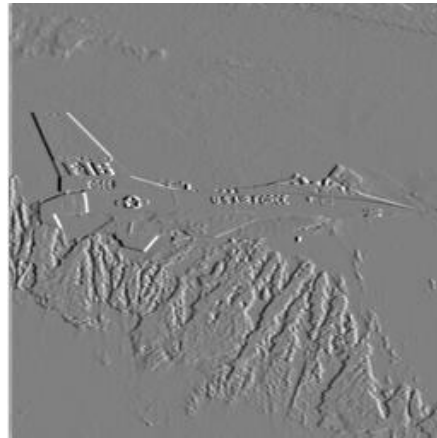


$$G2 = image * f2'$$

$$f2'(x) = f(x) - f(x-1)$$

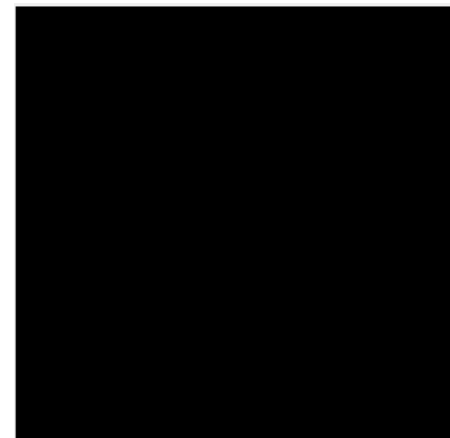


$$Diff1 = G2 - G1$$



$$G3 = image * f3'$$

$$f3'(x) = f(x+1)/2 - f(x-1)/2$$



$$Diff2 = G3 - (G1 + G2)/2$$

画像処理における微分【y方向】

■ $f'(y) = 1 \cdot f(y+1) - 1 \cdot f(y)$

	$f(y)$	
	$f(y+1)$	

画像

.*

0	0	0
0	-1	0
0	1	0

微分フィルタ1

■ $f'(y) = 1 \cdot f(y) - 1 \cdot f(y-1)$

	$f(y-1)$	
	$f(y)$	

画像

.*

0	-1	0
0	1	0
0	0	0

微分フィルタ2

■ $f'(y) = f(y+1)/2 - f(y-1)/2$

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

微分フィルタ3

※中心差分の考え方

平均

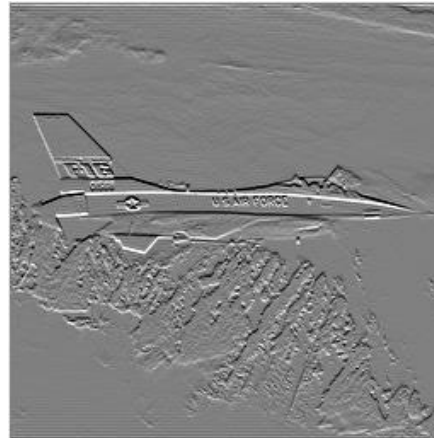
※下方方向を正

Memo: 画像処理の場合，右極限からの微分値と左極限からの微分値が異なる． (*Diff1*)

画像の微分

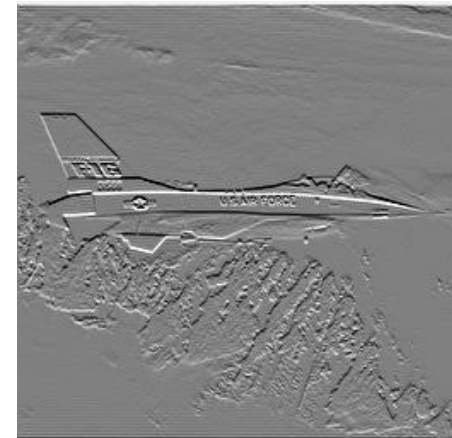


image



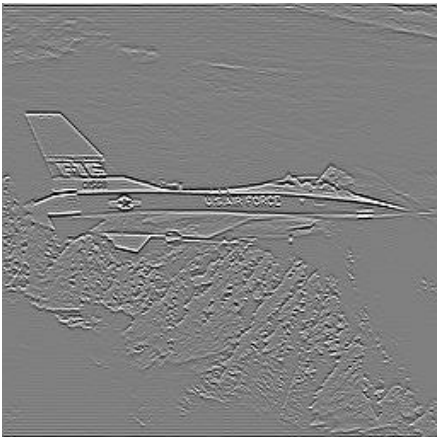
$$G1 = image * f1'$$

$$f1'(y) = f(y + 1) - f(y)$$

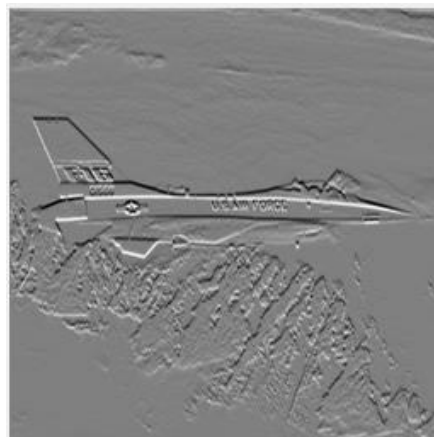


$$G2 = image * f2'$$

$$f2'(y) = f(y) - f(y - 1)$$



$$Diff1 = G2 - G1$$



$$G3 = image * f3'$$

$$f3'(y) = f(y + 1)/2 - f(y - 1)/2$$



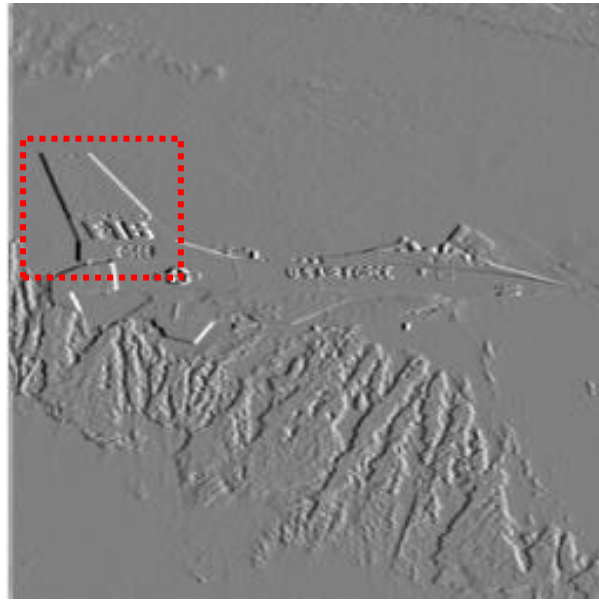
$$Diff2 = G3 - (G1 + G2)/2$$

画像の微分

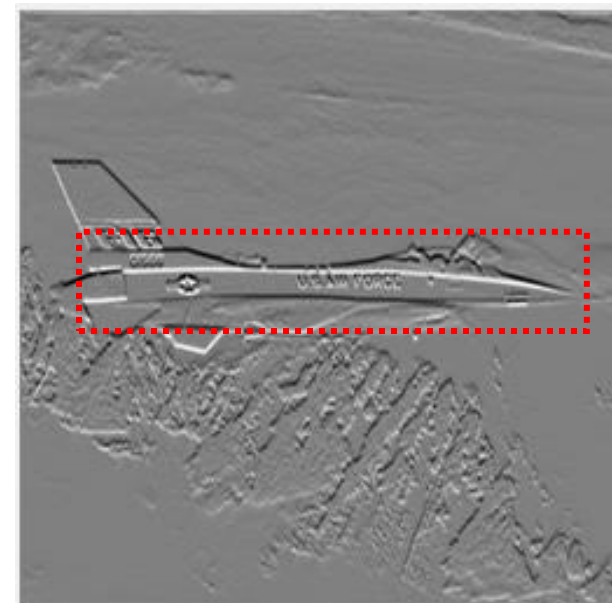
横方向の微分では縦方向の線が、縦方向の微分では横方向の線が検出される。



画像



横方向の微分(x)



縦方向の微分(y)

画像の大きさ・方向

横方向の微分画像を $G_x(i,j)$, 縦方向の微分画像を $G_y(i,j)$ としたとき, $(G_x(i,j), G_y(i,j))$ を**勾配**と呼ぶ.

■ 勾配の大きさ

エッジは勾配の大きさが大きな箇所を検出すればよい.

$$\sqrt{(G_x(i,j))^2 + (G_y(i,j))^2}$$

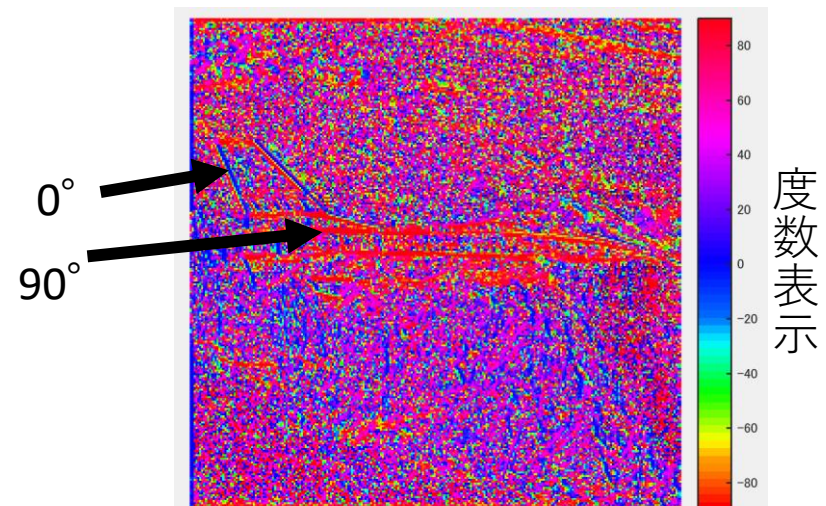


■ 勾配の方向

明るさの変化の大きい方向(エッジに対して垂直な方向)が得られる.

$$\tan^{-1} \frac{G_y(i,j)}{G_x(i,j)}$$

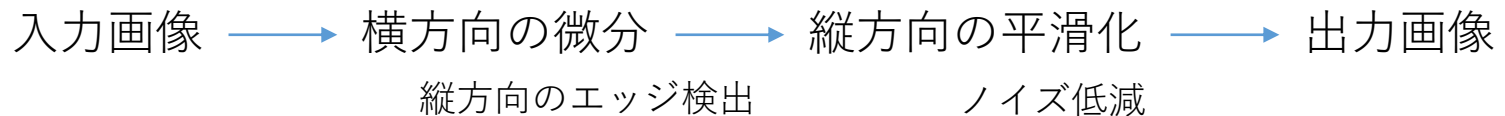
※ただし, ラジアン



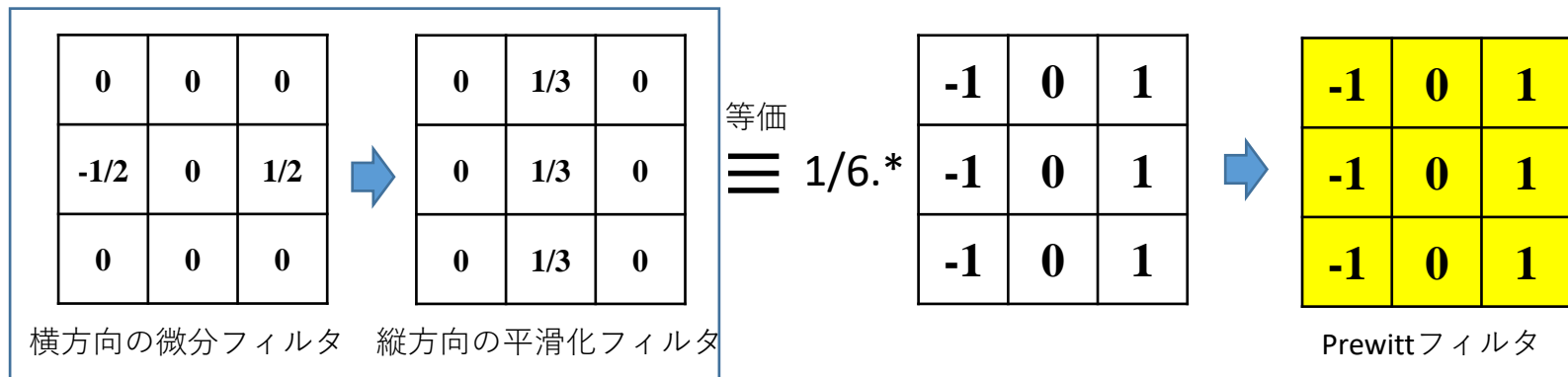
(微分＋平滑化) フィルタ

ノイズを抑えながらエッジを抽出するために、微分フィルタと平滑化フィルタを組み合わせる。

微分＋平滑化の流れ

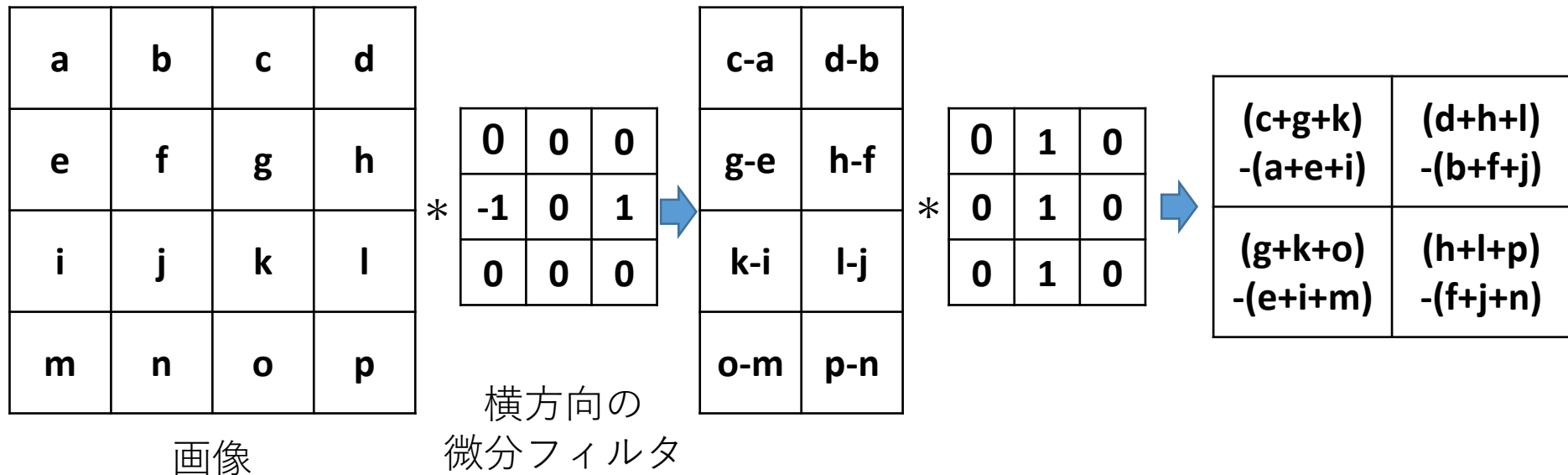
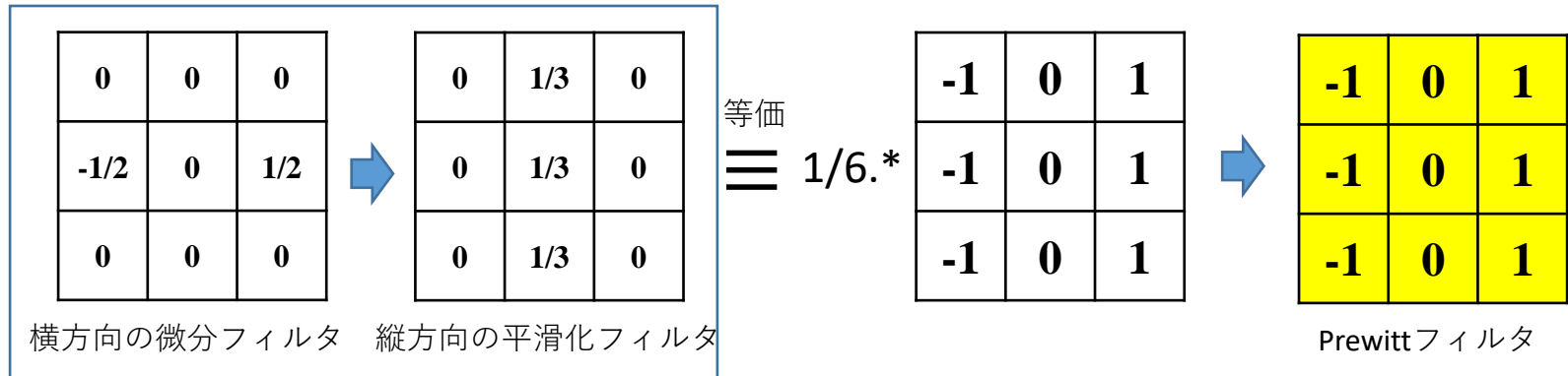


■ プリューウィットフィルタ(Prewitt)



※・1/6を省略
・出力が6倍になっている

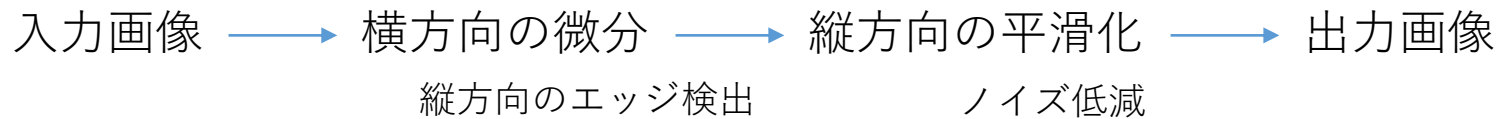
補足：Prewittフィルタ



(微分＋平滑化) フィルタ

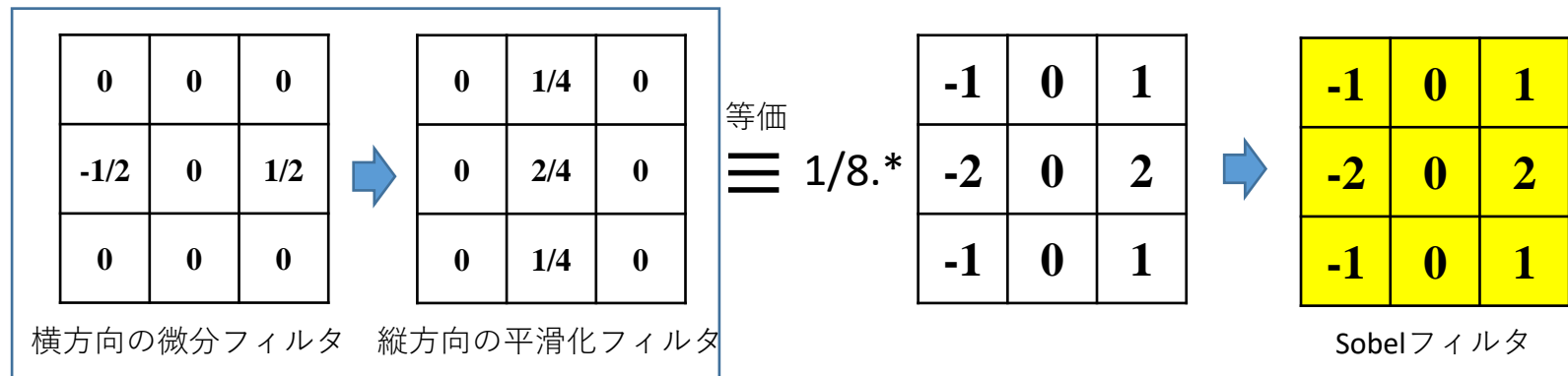
ノイズを抑えながらエッジを抽出するために、微分フィルタと平滑化フィルタを組み合わせる。

微分＋平滑化の流れ



平滑化の際に、**中心に大きめの重み**を付けている
単純平均→加重平均

■ ソーベルフィルタ(Sobel)



※・1/8を省略
・出力が8倍になっている

Prewitt & Sobel フィルタ

0	0	0
-1	0	1
0	0	0

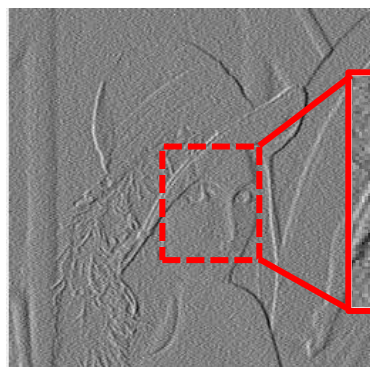
微分フィルタ

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

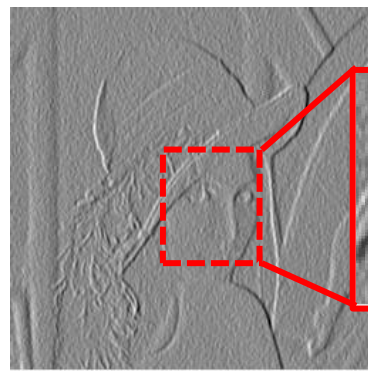
Prewittフィルタ

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

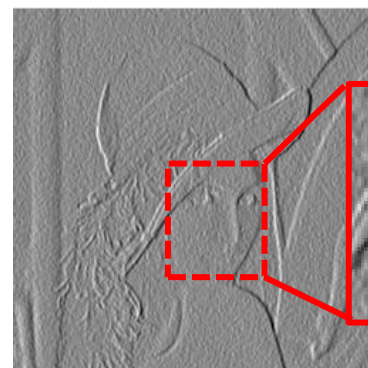
Sobelフィルタ



ノイズ多



ノイズ少



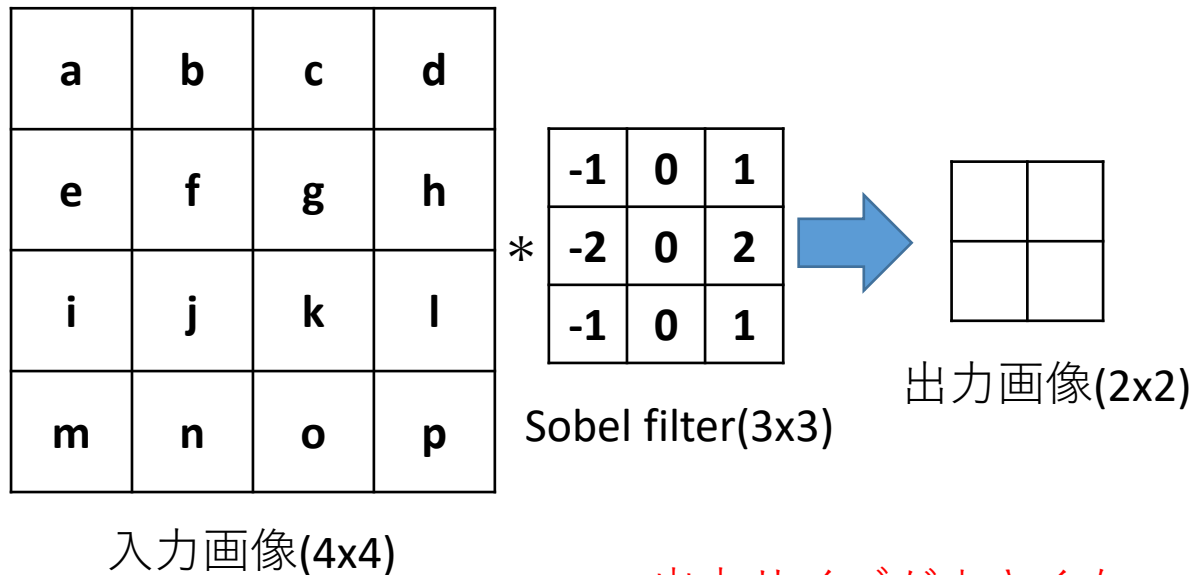
ノイズ少

ノイズなし

平均0、標準偏差20
のガウシアンノイズ

(補足) 端の処理

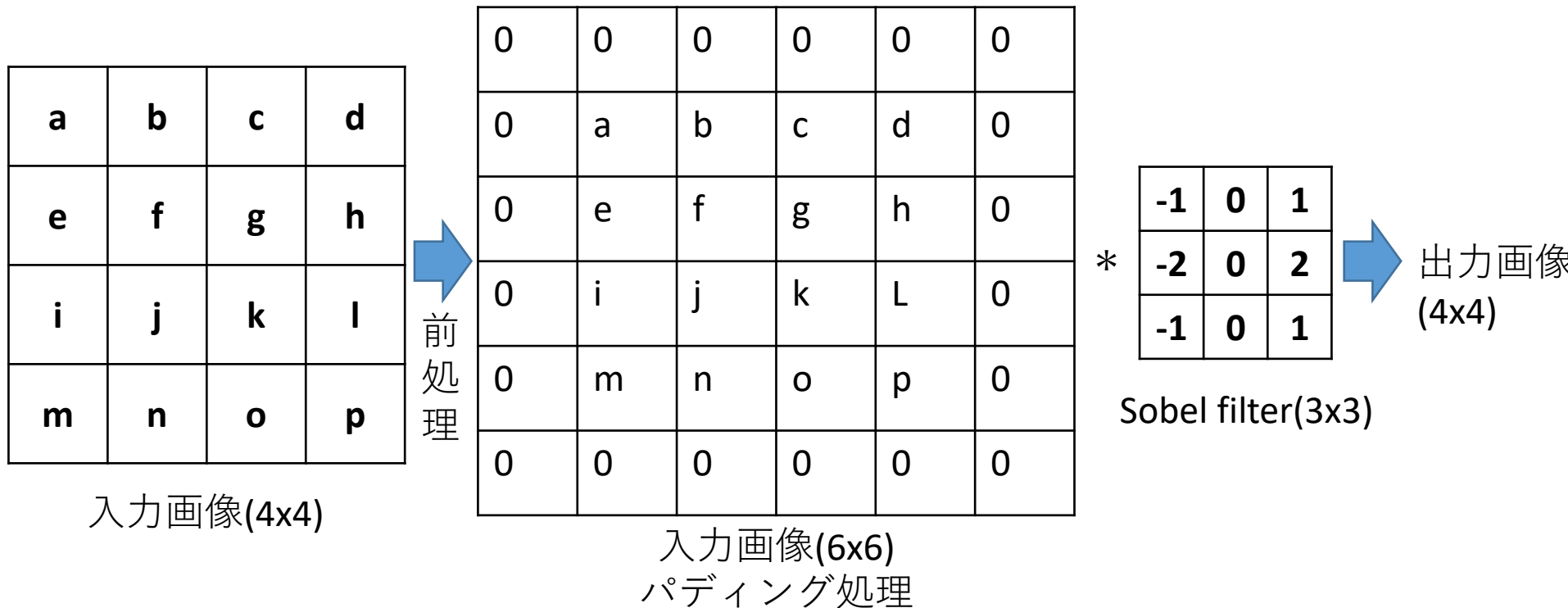
入力画像の端にパディングをすることによって, 入力画像と出力画像サイズをそろえることができる.



- ・ 出力サイズが小さくなってしまふ
- ・ 画像端にフィルタ処理ができない

(補足) 端の処理

入力画像の端にパディングをすることによって, 入力画像と出力画像サイズをそろえることができる.



※0を入れる以外にも端と同じ値を入れるなど複数の方法がある

(補足) 端の処理

入力画像の端にパディングをすることによって, 入力画像と出力画像サイズをそろえることができる.

例: フィルタが5x5の場合

a	b	c	d
e	f	g	h
i	j	k	l
m	n	o	p


入力画像(4x4)



前処理

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	a	b	c	d	0	0
0	0	e	f	g	h	0	0
0	0	i	j	k	l	0	0
0	0	m	n	o	p	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

入力画像(8x8)

* filter(5x5)  出力(4x4)

フィルタ $N \times N$ の場合は端に $(N-1)/2$ 0を入れればよい

※0を入れる以外にも端と同じ値を入れるなど複数の方法がある

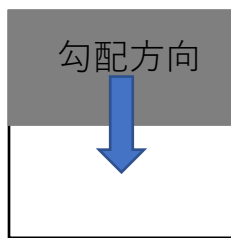
補足 勾配方向の計算

prewitt

dx=	-1	0	1
	-1	0	1
	-1	0	1

dy=

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



img1

勾配は上から下

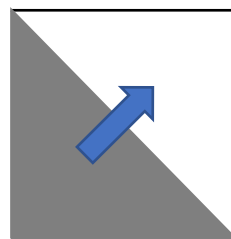
意味

画像軸
dx = 0
dy = +

90

$\text{atand}(\text{dy}/\text{dx}) = 90$

90



img3

勾配は左下から右上

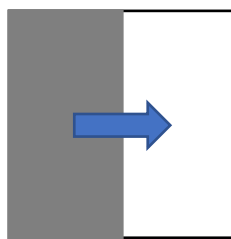
意味

画像軸
dx = +
dy = -

-45

$\text{atand}(\text{dy}/\text{dx}) = -45$

-45



img1

勾配は左から右

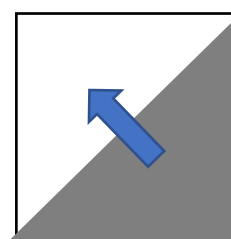
意味

画像軸
dx = +
dy = 0

90

$\text{atand}(\text{dy}/\text{dx}) = 0$

0



img4

勾配は左上から右下

意味

画像軸
dx = -
dy = -

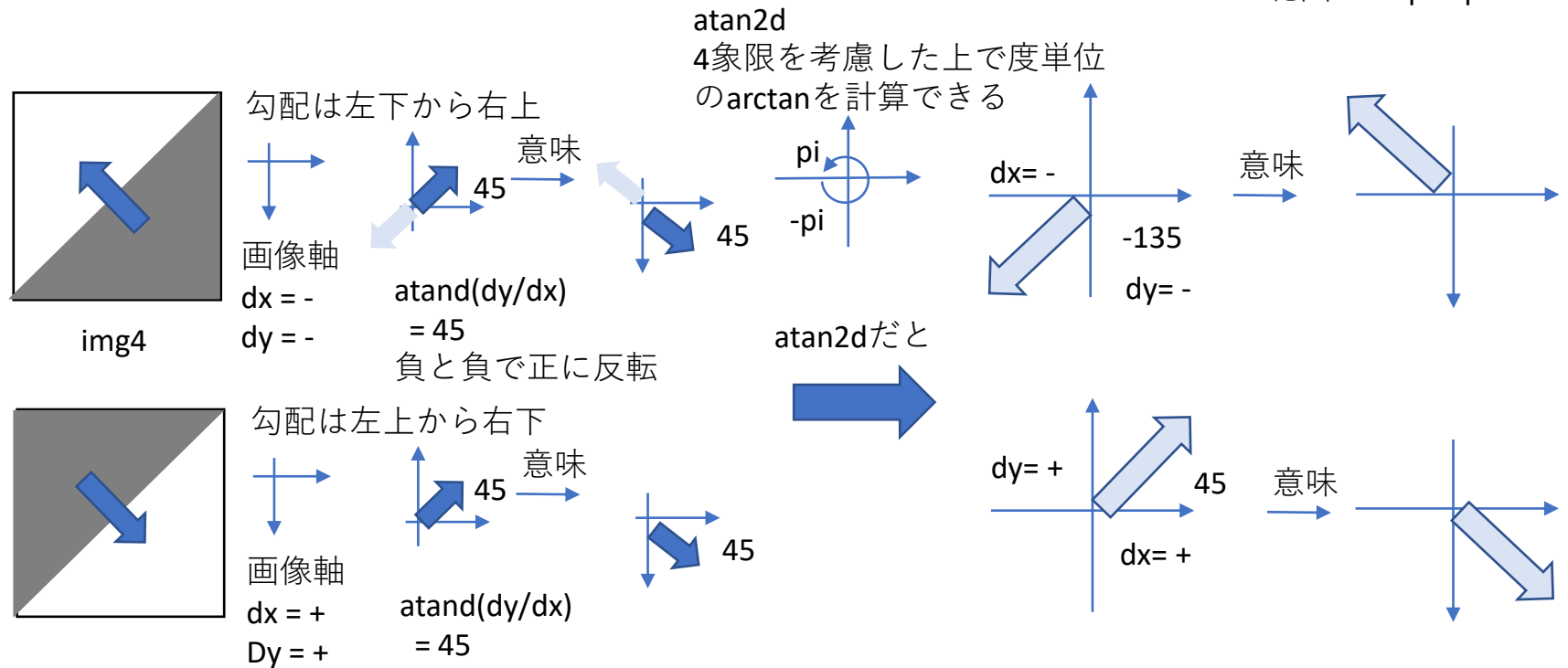
45

$\text{atand}(\text{dy}/\text{dx}) = 45$

45

負と負で正に反転

補足 matlabのatandとatan2d



cannyフィルタの勾配方向の検出では問題にならないが、
両者をatandでは区別できない

atan2dだと両者を区別できる

atand:

atan2d: <https://jp.mathworks.com/help/matlab/ref/atan2d.html>

練習問題 9 - 1

一次微分に対して更に一次微分すれば、二次微分が得られる。

デジタル画像の水平方向の二次微分式を導け。ただし、中心画素とその左右の画素（あわせて3画素）のみを使う。

練習問題 9 – 2

$D(-1, 0)$, $D(0, 0)$, $D(1, 0)$ が与えられており、それらに対して、2 次関数 $D(x, 0) = ax^2 + bx + c$ を当てはめよ。そして、 $D(x)$ が最大になる x を求めよ。更に、これを使って小数座標のエッジ位置を求めることができる理由を述べよ。

練習問題 9 – 3

ある画素の水平方向の微分 I_x と垂直方向の微分 I_y に対して、それぞれの符号と絶対値の大小でケース分けすれば8の区間が得られるが、それぞれの区間のエッジの方向を図と角度で示せ。