

画像処理フィルタの“MS-Excel”を用いた学習法

佐藤行彦

東北大学医療技術短期大学部 診療放射線技術学科

Learning Method on Image Filtering using “Microsoft-Excel”

Yukihiko SATO

Department of Radiological Technology, College of Medical Sciences, Tohoku University

Key words: Image Filtering, Digital Image Processing, Microsoft-Excel

Image processing using some kinds of 3 times 3 digital filter is developed. It is possible to use this method for studying fundamental characteristics of image processing. In this paper, ‘average’ filter, ‘median’ filter and some kinds of ‘differential’ filters are used and their filtrated results and their characteristics are shown. This method is much easier than programming method for learning characteristics of digital image processing.

はじめに

診療放射線技術学分野においては、よく知られているように、デジタル画像処理技法を学ぶ機会が多々ある。ところが、画像処理を学ぶに当たっては、その処理結果を見て、どの種類のフィルタを架けたからノイズがどのくらい除去されたとか、境界線が強調されたとかいうように、画像処理の結果を処理画像を眺めて感覚的に把握することが多い。市販の画像処理ソフトにおいても、多くはそのような観点から利用されている。一方、画像処理教育上は、なぜそのような結果が得られるのかということ画素値の変化・並びから確認できることが原理の把握上から求められることも多い。こうすることで、画像処理理論の把握も、より根本となる原理を見つめてできるようになると思われる¹⁾²⁾。そこで本稿では、各種の画像処理フィルタについて上記で求められるような手法を、プログラミング言語を用いることなく、パソコン上で最も一般的に利用されている表計算型ソ

フト“MS-Excel”を用いて作成したので報告する。

方 法

各種の3×3の画像処理フィルタを図1に示す。これらは、平滑化、中央値（メディアン）化、鮮鋭化 [縦横方向]、鮮鋭化 [斜め方向]、通常の微分 [横方向の変化の検出]、通常の微分 [縦方向の変化の検出]、Sobel [横方向]、Sobel [縦方向]、Laplacian (3種) の各フィルタである。また、ここで使っている入力画像(画素値)を図2-1に、この値を3次元棒グラフで表現したものを図3に示す。更に出力画像(画素値)の1例を平滑化フィルタを架けたものについて図4-1に示す。図2-1は入力画素値である。これをもとに「MS-Excelの数表上の第1行・第1列(左上)を原点として列順が増すとy軸値が増し、行順が増すとx軸値が増す」ように作っておき、それに対してフィルタ処理を行わせている。ところで、本稿を数表型に示した画素値と3次元棒グラフとの対応を単に

平滑化 <table border="1"> <tr><td>1/9</td><td>1/9</td><td>1/9</td></tr> <tr><td>1/9</td><td>1/9</td><td>1/9</td></tr> <tr><td>1/9</td><td>1/9</td><td>1/9</td></tr> </table>	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	メディアン化 9個のセル値の中央値を関数“=median()”にて求める。									
1/9	1/9	1/9																	
1/9	1/9	1/9																	
1/9	1/9	1/9																	
鮮鋭化[縦横方向] <table border="1"> <tr><td>0</td><td>-1</td><td>0</td></tr> <tr><td>-1</td><td>5</td><td>-1</td></tr> <tr><td>0</td><td>-1</td><td>0</td></tr> </table>	0	-1	0	-1	5	-1	0	-1	0	鮮鋭化[斜め方向] <table border="1"> <tr><td>-1</td><td>0</td><td>-1</td></tr> <tr><td>0</td><td>5</td><td>0</td></tr> <tr><td>-1</td><td>0</td><td>-1</td></tr> </table>	-1	0	-1	0	5	0	-1	0	-1
0	-1	0																	
-1	5	-1																	
0	-1	0																	
-1	0	-1																	
0	5	0																	
-1	0	-1																	
通常の微分[横方向] <table border="1"> <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	通常の微分[縦方向] <table border="1"> <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
0	0	0																	
0	1	0																	
0	-1	0																	
0	0	0																	
0	1	-1																	
0	0	0																	
Sobel[横方向] <table border="1"> <tr><td>-1</td><td>-2</td><td>-1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr> </table>	-1	-2	-1	0	0	0	1	2	1	Sobel[縦方向] <table border="1"> <tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>-2</td><td>0</td><td>2</td></tr> <tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr> </table>	-1	0	1	-2	0	2	-1	0	1
-1	-2	-1																	
0	0	0																	
1	2	1																	
-1	0	1																	
-2	0	2																	
-1	0	1																	
Laplacian[1] <table border="1"> <tr><td>0</td><td>-1</td><td>0</td></tr> <tr><td>-1</td><td>4</td><td>-1</td></tr> <tr><td>0</td><td>-1</td><td>0</td></tr> </table>	0	-1	0	-1	4	-1	0	-1	0	Laplacian[2] <table border="1"> <tr><td>-1</td><td>-1</td><td>-1</td></tr> <tr><td>-1</td><td>8</td><td>-1</td></tr> <tr><td>-1</td><td>-1</td><td>-1</td></tr> </table>	-1	-1	-1	-1	8	-1	-1	-1	-1
0	-1	0																	
-1	4	-1																	
0	-1	0																	
-1	-1	-1																	
-1	8	-1																	
-1	-1	-1																	
Laplacian[3] <table border="1"> <tr><td>1</td><td>-2</td><td>1</td></tr> <tr><td>-2</td><td>4</td><td>-2</td></tr> <tr><td>1</td><td>-2</td><td>1</td></tr> </table>	1	-2	1	-2	4	-2	1	-2	1	▪ y(縦)方向 → ↓ x(横)方向									
1	-2	1																	
-2	4	-2																	
1	-2	1																	

図1. 各種の画像処理フィルタ

見やすくするために、入力画素値の表示を図2-2では、図の左下を原点にとり、列番号が増す向きにx軸値が増し、行番号が増す向きにy軸値が増すようにしたものを示しておいた。この転置操作などを実行するために、MS-Excel上で転置行列を作る関数“=TRANSPOSE()”を用い³⁾、行の上下の反転をさせて並べ替える(各行の先頭に半角数字で番号を昇順で入れ、対象とする反転表示したデータセルの行範囲を降順で並べ替える)ことを行った。

画像処理の方法は、MS-Excelのワークシート上に3×3の各画像処理フィルタ値を入力しておき、フィルタ値は絶対参照の形で、各入力画素値とこのフィルタ値との9個の積の和として各出力画素値を算出する。MS-Excelでは絶対参照セルの与え方として、各セルの列名(アルファベット文字)・行名(数字)の前に文字“\$”を用いている⁴⁾。この入力画素値とフィルタ値との積の和(9項からなる積和の関数)をその出力画素値とする。

一方各入力画素値は相対参照される。この後で各出力画素値は、縦横の出力画素位置にこの積和の形の数式を計算させうる出力画素の数だけ複写して貼り付けることで自動計算されることになる。この場合は出力画素数は20×17ピクセルとなる。なお、メディアンフィルタの場合には、3×3のセルにおける中央値をMS-Excelの関数“=median()”を用いて計算することになる。

結果と考察

図2-1に本稿で用いる入力画像の画素値例を示し(22×19=418ピクセル)、図3にその入力画素値を3次元棒グラフで示してある(図3)。出力画像(画素値)の例として平滑化フィルタを架けたものを図4-1に示す。この入力画素値に対して3×3の各フィルタを架けた結果を出力画像の画素値として図4~8に示す。これらの画像の画素値の見方は入力画像の3×3領域上に同じサイズのフィルタを重ねたときの上下で対応する数値の積の和をその中心位置の画素値とするものである。従って入力画像の1画素幅分の周辺部の画素値は計算されないため、“*”印を付けてある(図4-1)。

平滑化 (図4-1,2)

図1の平滑化フィルタの形を見てすぐわかるように、各入力画素値が平均されて各出力画素値を与えるものなので、入力画像と平滑化フィルタによる出力画像とを比べると、元となる入力の画素値の分散よりも出力の画素値の分散(あるいは標準偏差)が小さくなっている、つまり画素値の範囲が狭まっている様子が図3と図4-2とを比べてみると見て取れる。

メディアン化 (図4-3)

このフィルタの作用は、9つの画素値の中央値を採るものであり、出力画素値の出現範囲が全体的に入力画素値よりも狭くなっていることが見て取れる(図3と図4-3とを比較参照)。

鮮鋭化[縦横方向] (図5-1)、鮮鋭化[斜め方向] (図5-2)

このフィルタは、3×3のフィルタの真中の1つの画素値を正の方向へ、周囲の画素値を負の方向へ持って行くことで真中の画素値を際立たせる役

原点O

→ y方向(縦方向)

x方向(横方向) ↓

50	50	50	50	60	60	60	60	70	80	80	90	100	200	150	150	150	100	50	
50	50	50	50	60	60	60	60	70	80	80	90	100	200	150	150	150	100	50	
50	50	50	50	60	60	60	60	70	80	80	90	100	200	150	150	150	100	50	
50	50	50	50	60	60	60	60	70	80	80	90	100	200	150	150	150	100	50	
60	60	60	60	60	60	60	60	70	80	80	90	100	200	150	150	150	100	50	
60	60	60	60	60	60	60	60	70	80	80	90	100	200	150	150	150	100	50	
60	60	60	60	60	60	60	60	70	80	80	90	100	200	150	150	150	100	50	
60	60	60	60	60	60	60	60	70	80	80	90	100	200	150	150	150	100	50	
70	70	70	70	70	70	70	70	70	80	80	90	100	200	150	150	150	100	50	
70	70	70	70	70	70	70	70	70	80	80	90	100	200	150	150	150	100	50	
70	70	70	70	70	70	70	70	70	80	80	90	100	200	150	150	150	100	50	
70	70	70	70	70	70	70	70	70	80	80	90	100	200	150	150	150	100	50	
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	90	100	200	150	150	150	100	50	
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	90	100	200	150	150	150	100	50	
90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	100	200	150	150	150	100	50	
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	200	150	150	150	100	50	
200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	150	150	150	100	50
150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	100	50
150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	100	50
150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	100	50
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	50
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

図 2-1. 入力画像の画素値：画素値を MS-Excel の入力そのものとしたもの。これに対しフィルタ処理。

19	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			
18	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	50			
17	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	100	50		
16	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	100	50		
15	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	100	50		
14	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	150	150	150	100	50		
13	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	200	150	150	100	50		
12	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	100	200	150	150	100	50		
11	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	90	100	200	150	150	100	50	
10	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	90	100	200	150	150	100	50	
9	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	80	90	100	200	150	150	100	50
8	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	70	70	70	70	70	70	70	70
7	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
6	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
5	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
4	50	50	50	50	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
3	50	50	50	50	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
2	50	50	50	50	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
1	50	50	50	50	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60

↑

原点O

x方向(横方向) →

図 2-2. 入力画像の画素値：3次元棒グラフとの対応が見易いように、画素値の転置後に行方向を反転したもの。

割をしている (図 1)。ここで用いた入力画像 (図 2-1, 図 3) は、横方向 [x 方向] あるいは縦方向 [y 方向] での画素値変化があるように作成してある。図 2-1 の $x=17$ 行目, $y=14$ 列目 (図 2-2 では, $x=17$ 列目, $y=14$ 行目) に 2 つの稜線がある画像となっている。入力画像 (図 2-2) 上の右上方の横

方向と縦方向の両方の画素値変化が大きい個所で図 5-1 と図 5-2 とを比べると、図 5-2 では図 5-1 より画素値のバラツキが幾分大きくなっている。従ってこの入力画像例の場合、斜め方向の鮮鋭化フィルタの方が縦横方向の鮮鋭化フィルタよりも画像がより鮮鋭化されている (出力画素値が大) こ

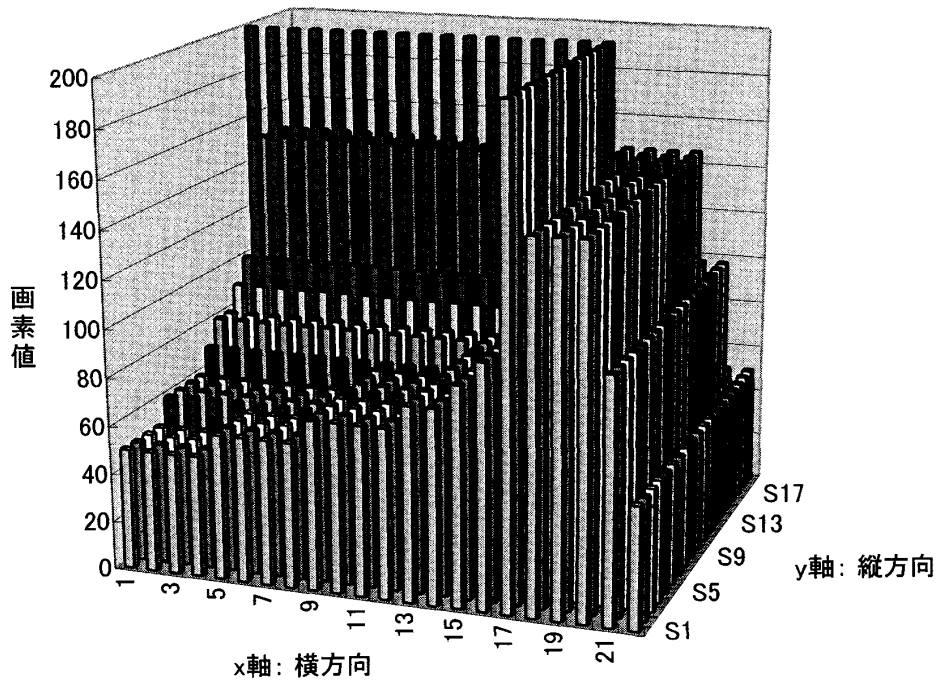


図3. 入力画像の画素値のグラフ

→ y方向

x方向 ↓	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	*	50	50	53	57	60	60	63	70	77	83	90	130	150	167	150	133	100	*	
	*	50	50	53	57	60	60	63	70	77	83	90	130	150	167	150	133	100	*	
	*	53	53	56	58	60	60	63	70	77	83	90	130	150	167	150	133	100	*	
	*	57	57	58	59	60	60	63	70	77	83	90	130	150	167	150	133	100	*	
	*	60	60	60	60	60	60	63	70	77	83	90	130	150	167	150	133	100	*	
	*	60	60	60	60	60	60	63	70	77	83	90	130	150	167	150	133	100	*	
	*	63	63	63	63	63	63	66	71	77	83	90	130	150	167	150	133	100	*	
	*	67	67	67	67	67	67	68	72	77	83	90	130	150	167	150	133	100	*	
	*	70	70	70	70	70	70	70	73	77	83	90	130	150	167	150	133	100	*	
	*	70	70	70	70	70	70	70	73	77	83	90	130	150	167	150	133	100	*	
	*	73	73	73	73	73	73	73	76	78	83	90	130	150	167	150	133	100	*	
	*	77	77	77	77	77	77	77	78	79	83	90	130	150	167	150	133	100	*	
	*	83	83	83	83	83	83	83	83	83	86	91	130	150	167	150	133	100	*	
	*	90	90	90	90	90	90	90	90	90	91	94	131	150	167	150	133	100	*	
	*	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	131	154	161	167	150	133	100	*	
	*	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	161	161	161	150	133	100	*	
	*	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	161	156	150	133	100	*	
	*	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	133	100	*	
	*	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	122	94	*
	*	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	94	78	*
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

図4-1. 出力画像の画素値の例 (平滑化フィルタでの例)

とが見て取れる。つまり隣り合う画素値の差を際立たせている (入力画素値の変化の大きいところでは出力画素値が大で、変化の小さいところでは出力画素値が入力画素値とあまり変わらない)。

通常の微分 [横方向の変化の検出] (図6-1)
 横方向 (x 方向: x の値が増えていく方向) の変化のみ検出している、つまり縦横両方向に変化している入力画素値 (図3) のうちの横方向のみの変

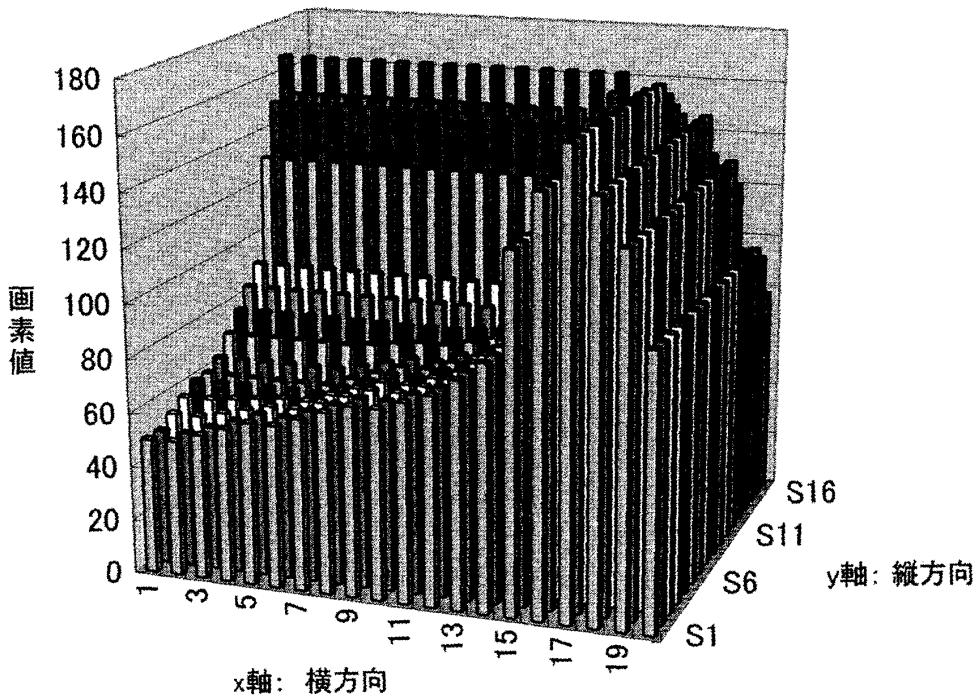


図4-2. 平滑化フィルタによる出力画像

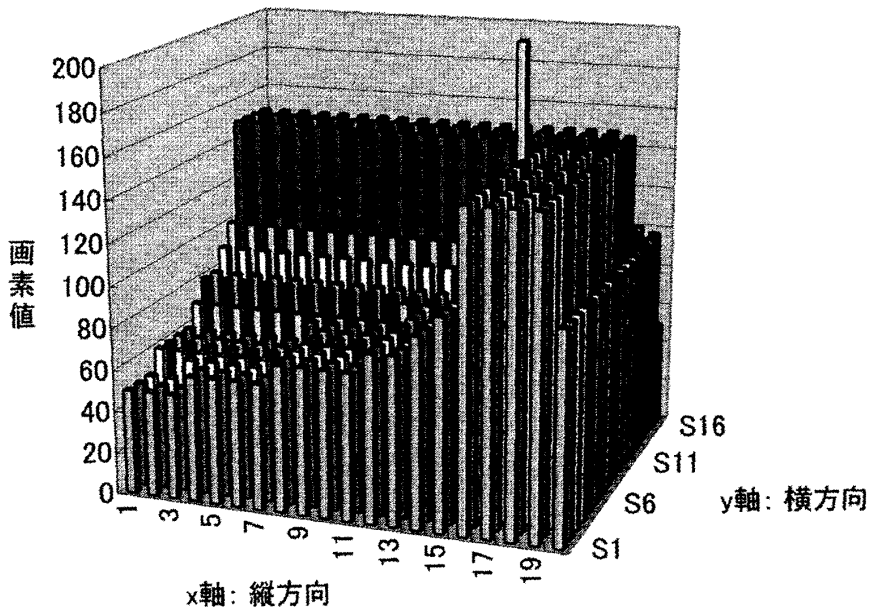


図4-3. メディアンフィルタによる出力画像

化が出力画素値として絶対値が大きな値をとっている。縦方向(y方向)の画素値の変化箇所、つまり入力画像(図2-2)の左側部分の辺り、図3では棒グラフに向って左奥に対しては出力画素値は“0”に近い小さい画素値になっている(図6-1)。な

お、このフィルタの形では入力画素値が増しつある場所で出力画素値が負の値となっていて、減りつつある場所では逆にそれが正の値となっている。このフィルタにより入力画像の画素値の変化が横方向(x方向)のみの変化を検出していること

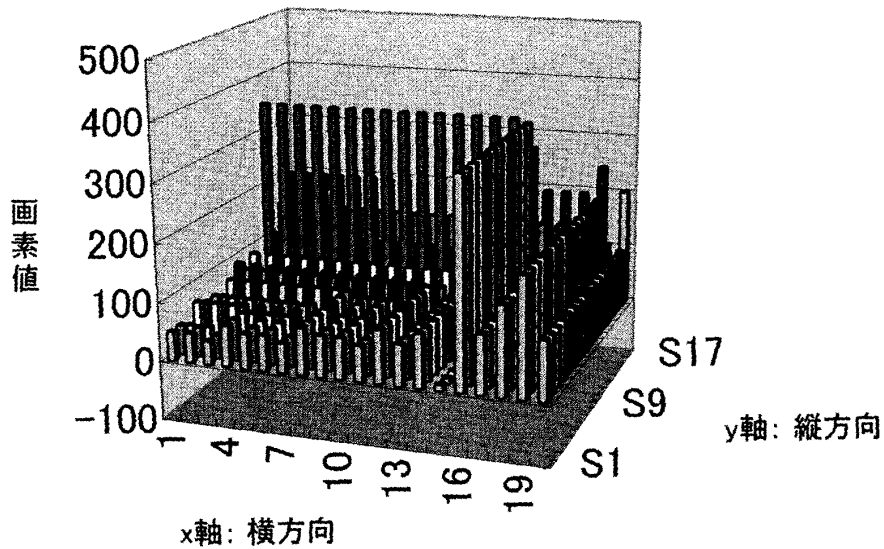


図5-1. 鮮鋭化 [縦横方向] フィルタによる出力画像

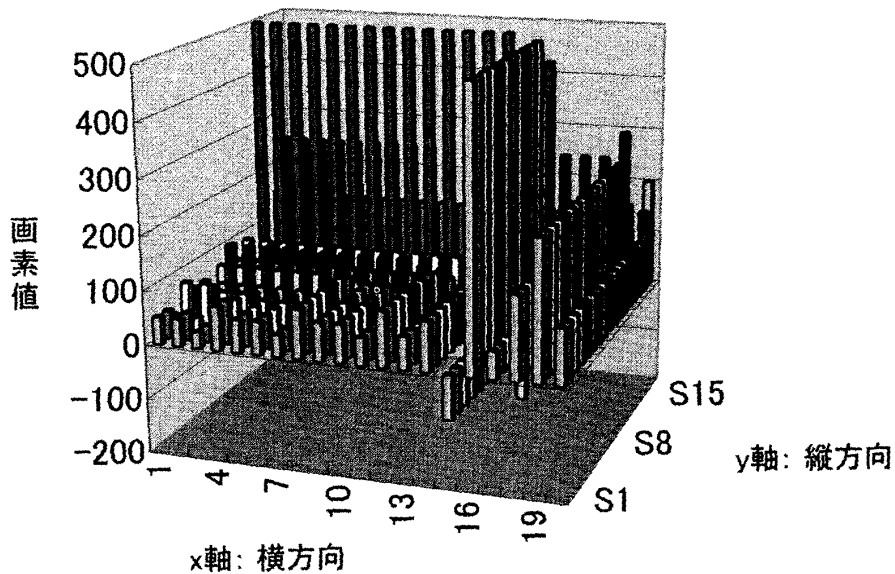


図5-2. 鮮鋭化 [斜め方向] フィルタによる出力画像

がわかる。

通常の微分 [縦方向の変化の検出] (図6-2)

図3の入力画像に対して縦方向(y方向)に変化するフィルタを架けると、図6-2に見るように、図6-1の場合とは直交するy方向の変化のみ検出していることがわかる。

Sobel [横方向] (図7-1)

横方向(x方向)に入力画像の画素値があまり変化していない個所では、たとえ縦方向に変化して

いても出力画素値が“0”に近い値になっている(図7-1の左側および右奥)。一方、横方向に変化している個所では、出力画像の画素値の絶対値が際立って大きくなっている(図7-1に向って右側の手前)。

Sobel [縦方向] (図7-2)

入力画像上での縦方向(y方向)の画素値変化が大きいところ(図3に向って左側奥)で出力画素値の絶対値が大きい値を示している(図7-2の左

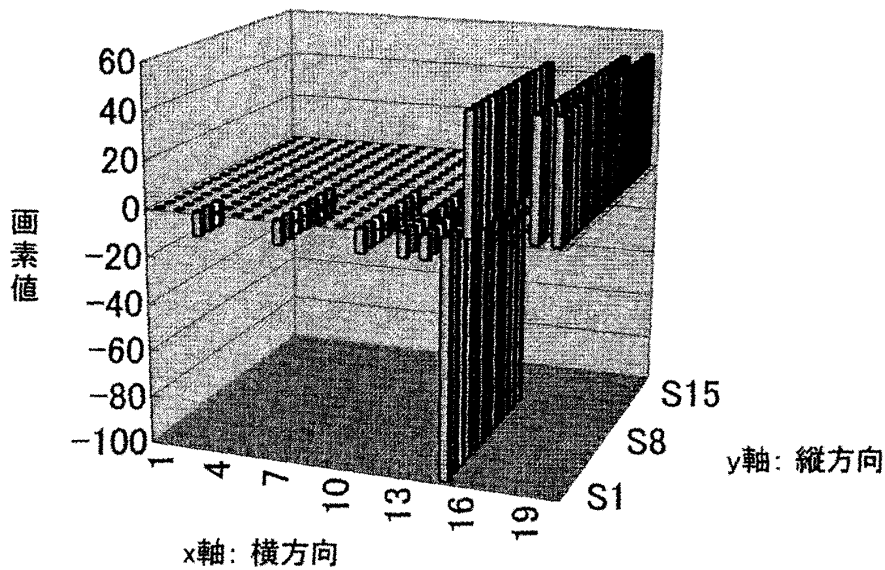


図 6-1. 通常微分 [横方向] フィルタによる出力画像

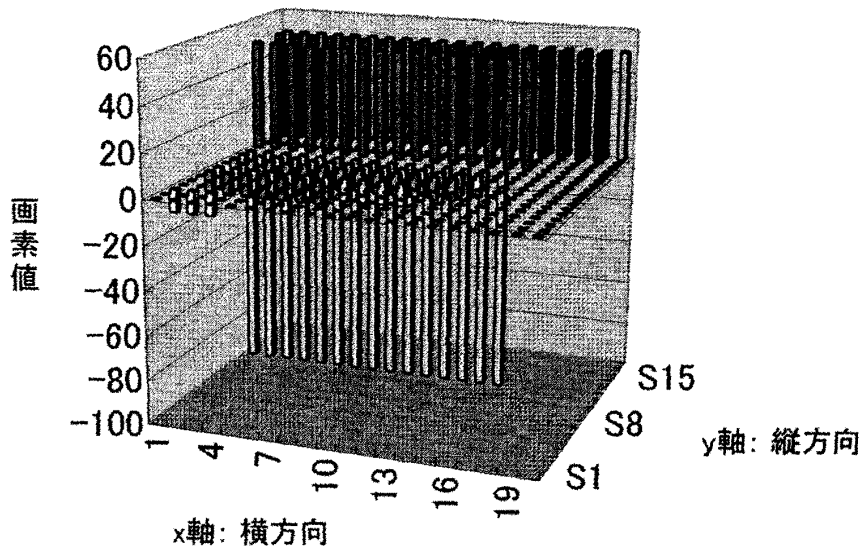


図 6-2. 通常の微分 [縦方向] フィルタによる出力画像

側奥)。横方向の画素値変化があっても縦方向には画素値変化が少ないところ（図 3 に向って左側手前と右側全般）では出力画素値が“0”に近づいている。

Sobel フィルタは、通常微分フィルタと同様、片方向の変化を検出している。ただ、Sobel フィルタでは両方向とも変化しているときには通常微分フィルタと比較すると、その検出能はやや抑えられる、つまり出力画素値が小さくなっているこ

とも 3次元棒グラフからみてとれる（図 7-1, 7-2 に向って各々の右奥）。

Laplacian (図 8-1, 2, 3)

Laplacian フィルタは、出力画素値としてフィルタ内での周辺部を小さな値とし、中央部を大きな値とするデジタルフィルタである。9つのフィルタ値の和はゼロになっている。一般的に入力画素値が一様なところつまり境界線のない（画素値の変化の少ない）ところほど出力画素値は“0”に

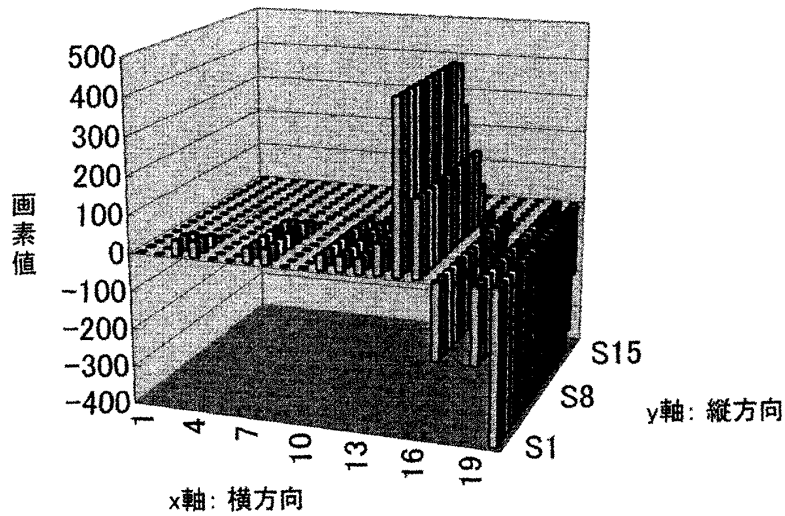


図7-1. Sobel [横方向] フィルタによる出力画像

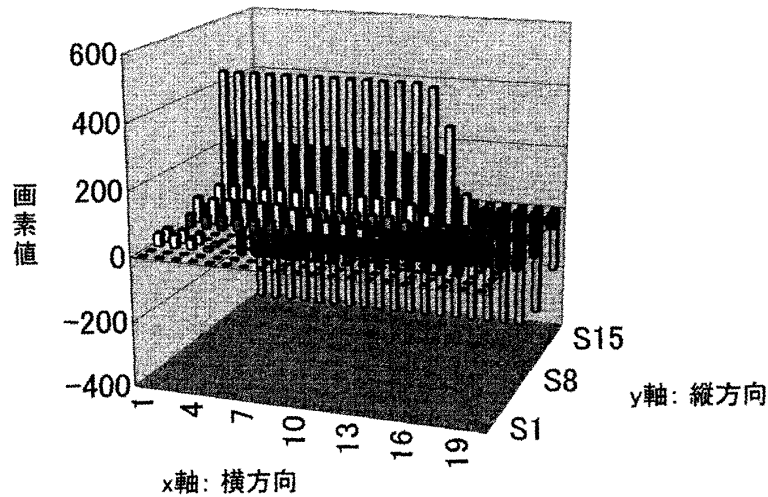


図7-2. Sobel [縦方向] フィルタによる出力画像

近くなる。周辺の入力画素値が大きいところでは出力画素値は負となる（逆に周辺の入力画素値が小さいところでは出力画素値は正となる）。入力画素値自体が大きくても小さくても、画素値の変化量が少ないところの出力画素値はゼロに近くなるという性質をもっている。

そこでLaplacianフィルタの出力についてみると、いずれのLaplacianフィルタも入力画素値の横方向（ x 方向）および縦方向（ y 方向）へのいずれの変化も（入力画素値が横方向あるいは縦方向のいずれかへのみ変化していても）その境界を捉えていることが、その出力画素値から見て取れ

る（図8-1、図8-2、図8-3）。また、画素値の変化が増す方向のときは、出力画素値は負に、減る方向のときは正に、変化無しのときは“0”になるので、画素値の変化があるところだけ出力画素値の絶対値が大きくなることもわかる。つまり、1本の太い線画があったとすると、その太い線の両側の2つの境界線を取り出すというLaplacianフィルタの特色を数値として把握できることがわかる。

ここでは3種のLaplacianフィルタを示したが、これらをそれぞれLaplacian [1], [2], [3]と呼んでおく。Laplacian [1]に比べLaplacian [2]では境界検出における画素値が大きく算出されて

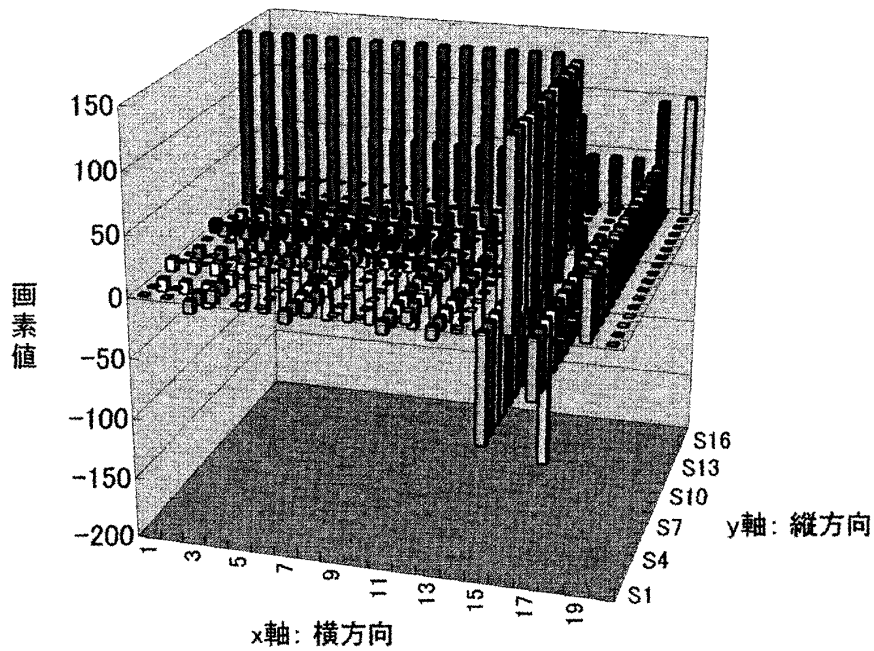


図8-1. Laplacian [1] フィルタによる出力画像

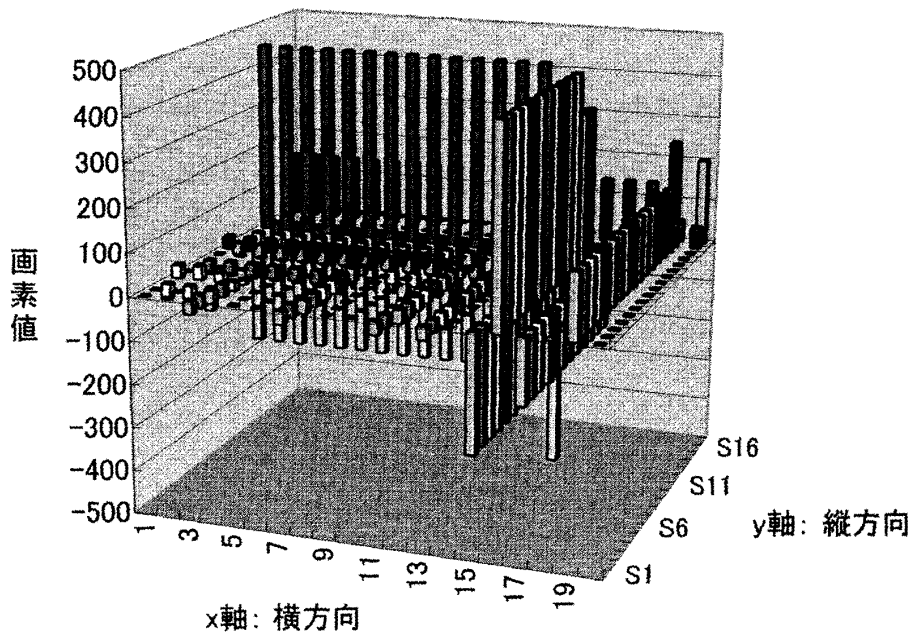


図8-2. Laplacian [2] フィルタによる出力画像

いることがわかる。つまり、境界をより強調していることがわかる。一方、Laplacian [3] では、出力画素値の絶対値が小さく、Laplacian [1] や [2] のフィルタに比べてかなり境界検出能が低いことが見て取れる。

結 論

以上のように、フィルタを用いた画像処理の結果を数値として表示すると、その処理結果を画素値の大小から判断できるので、このフィルタは像

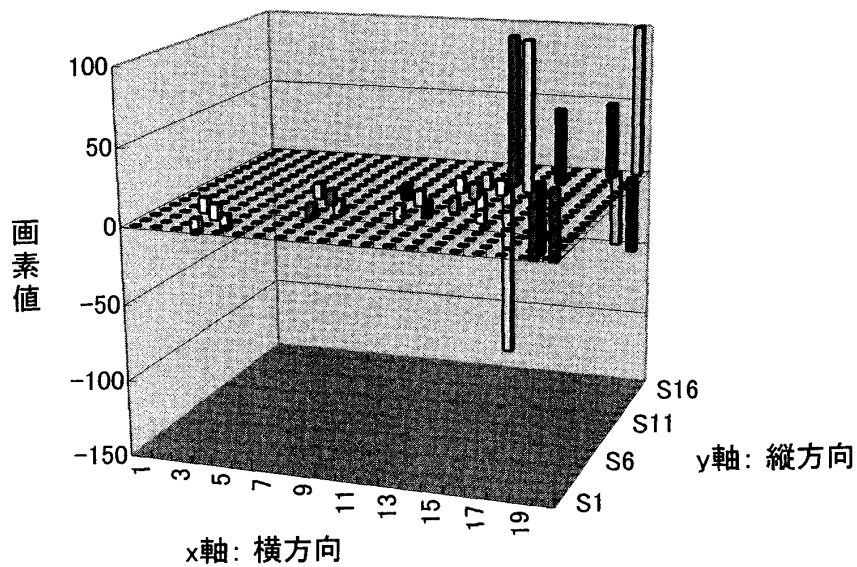


図8-3. Laplacian [3] フィルタによる出力画像

をぼかすとか 像の境界を検出するとかといった各フィルタの特質の把握が出力画像を見て“なんとなくそう見える”といった感覚的なものではなく、画素値を見て数値の大小から各フィルタ処理の特徴が理解できることがわかる。また、プログラミング言語で画像処理ソフトを作成するといったこともなく、Microsoft-Excel という現在非常に多くのユーザーがいる表計算型のソフトを使って容易に各画像フィルタ処理を行うことができる。以上の手法は、画像処理フィルタといった画像処理の基本技法の原理・特徴を数値として捉えて学ぶ際に、大いに活用していけるものであると

考えられる。

文 献

- 1) 森・森田・中野編 奥富正敏著 「計測と制御」 放送大学教育振興会 日本放送出版協会 1997年3月刊より 第12章
- 2) 尾崎 弘・谷口慶治著 「画像処理—その基礎から応用まで—」 共立出版 1988年
- 3) 縄田和満著 「Excel による線形代数入門」朝倉書店 1999年 p47-49
- 4) 小林史宜・鈴木良子著 「やってトライ! Excel 2000」 ソフトバンクパブリッシング株 2000年 p48-49