

学士論文

OpenCV を用いたフィルタ処理の実現と応用

氏 名 : 麻生 啓太
学籍番号 : 2260100001-0
担当教員 : 山崎 勝弘 教授
提出日 : 2014年2月20日

立命館大学 理工学部 電子情報デザイン学科

内容梗概

近年、液晶用ガラスはテレビやパソコンディスプレイ、スマートフォンなど、様々な分野で使用されている。液晶用ガラスの欠損を検出するためには、欠損検出の精度の高さが重要である。そのほかでは、劣化などの問題で認識しにくい甲骨文字の解読が必要である。甲骨文字を切り出し、鮮明化することが未解読資料の解読に近づく。本研究では、OpenCVを利用して、さまざまなフィルタ処理について検討し、従来の液晶用ガラス欠損検出の方法より有効なフィルタ処理を見出す。さらに、ガラス欠損検出以外にも、甲骨文字の認識にどのフィルタ処理が鮮明化するのに一番適しているかを検討する。

フィルタ処理では、平滑化とエッジ抽出、鮮明化の処理を行った。平滑化では、メディアンフィルタ、ガウシアンフィルタの処理を行い、エッジ抽出では、ソーベルフィルタ、ラプラシアンフィルタ、キャニーフィルタの処理を行った。エッジ抽出の分野で、エッジを鮮鋭化させるアンシャープマスキングの処理も行った。それぞれのフィルタ処理だけではなく、平滑化とエッジ抽出のフィルタ処理を組み合わせた処理も行った。

実験結果から、液晶用ガラス欠損検出では、従来の手法であるラプラシアンフィルタよりも、キャニーフィルタの方が、有効性が高いことがわかった。甲骨文字の認識では、ノイズを除去するための平滑化をあらゆるカーネルサイズで施し、メディアンフィルタでの平滑化が、有効性が高いことがわかった。

目次

内容梗概	i
1. はじめに	1
2. OpenCV によるフィルタ処理の実現	3
2.1 平滑化フィルタ	4
2.2 エッジ抽出と強調(鮮鋭化)フィルタ	6
2.3 各フィルタ処理の組み合わせ	10
2.4 考察	12
3. 液晶用ガラス欠損検出への応用	13
3.1 液晶用ガラス欠損検出システム	13
3.2 フィルタ処理の実験	14
3.3 考察	15
4. 甲骨文字の認識への応用	16
4.1 甲骨文字の認識	16
4.2 フィルタ処理の実験	17
4.3 考察	20
5. おわりに	21
謝辞	21
参考文献	22

図目次

図 1. 二値化プログラムの比較.....	3
図 2. 元画像	3
図 3. メディアンフィルタ処理前と処理後の輝度値	4
図 4. メディアンフィルタ出力画像.....	4
図 5. ガウシアンフィルタのマスクパターン.....	5
図 6. ガウシアンフィルタ出力画像.....	5
図 7. ソーベルフィルタのマスクパターン.....	6
図 8. ソーベルフィルタ出力画像.....	6
図 9. ラプラシアンフィルタのマスクパターン.....	7
図 10. ラプラシアンフィルタ出力画像.....	7
図 11. キャニーフィルタ出力画像.....	8
図 12. アンシャープマスキングのアルゴリズム.....	9
図 13. 画像の比較.....	9
図 14. メディアンフィルタとソーベルフィルタ	10
図 15. メディアンフィルタとラプラシアンフィルタ	10
図 16. メディアンフィルタとキャニーフィルタ	10
図 17. ガウシアンフィルタとソーベルフィルタ	11
図 18. ガウシアンフィルタとラプラシアンフィルタ	11
図 19. ガウシアンフィルタとキャニーフィルタ	11
図 20. 鮮鋭化とエッジ抽出フィルタの組み合わせ処理.....	12
図 21. 液晶用ガラス欠損検出画像処理過程.....	13
図 22. TDI 処理後の画像.....	14
図 23. 各処理での出力画像.....	15
図 24. 省の甲骨文字認識過程.....	16
図 25. 甲骨文字の元画像.....	17
図 26. メディアンフィルタによる甲骨文字の認識①.....	17
図 27. ガウシアンフィルタによる甲骨文字の認識①.....	18
図 28. メディアンフィルタによる甲骨文字の認識②.....	18
図 29. ガウシアンフィルタによる甲骨文字の認識②.....	19
図 30. メディアンフィルタによる甲骨文字の認識③.....	19
図 31. ガウシアンフィルタによる甲骨文字の認識③.....	20
図 32. 甲骨文字の元画像.....	24
図 33. メディアンフィルタによる甲骨文字の認識④.....	24
図 34. ガウシアンフィルタによる甲骨文字の認識④.....	24
図 35. メディアンフィルタによる甲骨文字の認識⑤.....	25

図 36.	ガウシアンフィルタによる甲骨文字の認識⑤	25
図 37.	メディアンフィルタによる甲骨文字の認識⑥	26
図 38.	ガウシアンフィルタによる甲骨文字の認識⑥	26
図 39.	メディアンフィルタによる甲骨文字の認識⑦	27
図 40.	ガウシアンフィルタによる甲骨文字の認識⑦	27
図 41.	メディアンフィルタによる甲骨文字の認識⑧	28
図 42.	ガウシアンフィルタによる甲骨文字の認識⑧	28

1. はじめに

液晶用ガラスはテレビやパソコンディスプレイ、カーナビなどデジタル情報機器を中心に様々な分野で使用されており、近年ではスマートフォンの普及によりますますその需要が高まっている。これらの需要に見合う生産スピードを上げる、高速化されていく中で、その液晶用ガラスの製造過程で欠損が生じてないかを調べる検査では、高い精度であることが望まれる。

甲骨文字とは、3000年以上前に中国（殷）で使われていた文字である。この時代には王様が政治を行うときに”トイ（うらない）”を用いるのが一般的であった。収穫のタイミングや兵士を動かすまでトイによって神意を問ひ政治を進めていた。この時代に使われていた文字が甲骨文字である。その3000年以上前の甲骨文字は、時代の流れとともに劣化している。甲骨文字で書かれた未解読資料を解読できると、その時代の食生活や仕事は今以上にわかるようになる。さらに、この甲骨文字の起源を知るためにも解読は重要である。甲骨文字を認識するために、画像処理技術を用いて鮮明化することが必要である。

液晶用ガラスの欠損の有無を正確に調べるためと、甲骨文字の認識のために、フィルタ処理を用いる。本論文では、**OpenCV(Open Source Computer Vision Library)**を用いて数種類のフィルタ処理を実現し、メリットが大きい処理、さらには処理と処理の組み合わせを行い、それらを比較、検討することで、最終的に、どのフィルタ処理が液晶用ガラス欠損検出や甲骨文字の認識に応用できるか検討していく。

OpenCVとは、インテルが開発・公開したオープンソースのコンピュータビジョン向けライブラリである。**C/C++、Java、Python**用ライブラリで、プラットフォームとして**Mac OS X**や**FreeBSD**等全ての**POSIX**に準拠した**Unix系OS、Linux、Windows、Android、iOS**等をサポートしている。非常に多くのプラットフォームに対応しており、尚且つ、オープンソース（**BSDライセンス**）のため、安心して使用できる。**OpenCV**そのものは、コンピュータビジョンの研究者、開発者向けのライブラリであり、研究、開発の過程で幾度となく作られてきたであろう処理群が揃っている。本来ならば1から書かなくてはならない処理が関数コール1つで処理可能なので、コンピュータビジョンの研究者、開発者でない人でも、簡単に利用することができる。

フィルタ処理とは、その中に含まれている不要なものを取り除き、目的とする情報を取り出す処理のことを言う。言い換えると、画像情報の中から人間の視覚またはコンピュータ解析によってその特徴を抽出しやすくするために行う画像処理のことである。信号処理の分野では、「その信号に含まれる特定の周波数だけを取り出すこと」と定義されることもある。実際の処理では、フィルタの要素は配列の形で表され、**3×3、9×9、16×16**の大きさのものがよく用いられる。フィルタ処理の主な目的としては、平滑化によるノイズを含む画像上の変動区分の除去、および、画像中の物体のエッジ抽出の際に、利用される微分演算処理などがある。

液晶用ガラスの欠損検出システムでのフィルタ処理の実験では、有効性が高いと考える

ラプラシアンフィルタ、キャニーフィルタを用いたエッジ抽出のフィルタ処理で実験を行った。ガウシアンフィルタやメディアンフィルタなどの平滑化フィルタ処理と、エッジ抽出のフィルタ処理を組み合わせた処理や、アンシャープマスキングとエッジ抽出のフィルタ処理を組み合わせた処理も実験し、どの処理の有効性が高いか検討する。

甲骨文字認識でのフィルタ処理の実験では、様々な甲骨文字に対して平滑化のフィルタ処理を施した。本研究室で使用しているガウシアンフィルタに加え、有効性が高いと考えられるガウシアンフィルタと、様々なカーネルサイズのメディアンフィルタを施した画像を比較し、検討する。

本論文では、2章で、ほかのライブラリと **OpenCV** の比較を述べ、実際に **OpenCV** を用いて行ったフィルタ処理をカテゴリ別に実装結果とともに述べる。3章では、液晶用ガラス欠損検出システムについての説明と、2章で実装したフィルタ処理の中から、欠損検出に対して有効性が高いと考えられる処理をいくつか用いて、欠損検出システムへのフィルタ処理の実装、効果について述べる。4章では、3章と同様に2章で実装したフィルタ処理を用いて、甲骨文字の認識に有効な処理を見出し、述べる。

2. OpenCV によるフィルタ処理の実現

OpenCV はコンピュータビジョンの様々な処理群が揃っている。コンピュータビジョンとは、現実の画像情報をコンピュータに取り入れ必要な画像情報を取り出す技術である。本来ならば始めから書かねばならない処理も関数コール 1 つで処理可能なので、コンピュータビジョンに詳しくない人でも簡単に扱うことができる。

```
void Binarization(Image *img, int threshold)//threshold=100
{
int i;
for(i=0; i<img->width *img->height; i++){
if(img->rgb[i].r < threshold)
img->rgb[i].r = img->rgb[i].g = img->rgb[i].b = 0;
else img->rgb[i].r = img->rgb[i].g = img->rgb[i].b = 255;
}
}
```

(a)C 言語での記述

```
cv::Mat gray_img, bin_img;
cv::threshold(gray_img, bin_img, 0, 255, cv::THRESH_BINARY|cv::THRESH_OTSU);
```

(b)OpenCV での記述

図 1 : 2 値化プログラムの比較

C 言語で書かれているプログラムと OpenCV で書かれているプログラムを比較すると、OpenCV のプログラムは C 言語の半分以下の行数に短縮されている。このように OpenCV での記述は、ほかのライブラリと比べると量が減るのでミスも少なくなり、非常に容易にプログラムを記述できる。

下記に紹介するフィルタ処理の元画像は次の画像を用いて行った。



図 2 : 元画像

2.1 平滑化フィルタ

(1) メディアンフィルタ

$n \times n$ の領域における輝度値を小さい順に並べ、注目画素を中央値に置き換えることで、ノイズを除去する処理方法である。以下の図 3 が 4×4 の領域における輝度値の例である。図 1 の (b) がメディアンフィルタを施した結果である。赤枠の輝度値を小さい順に並べると、 $80 \rightarrow 113 \rightarrow 136 \rightarrow 145 \rightarrow 151 \rightarrow 186 \rightarrow 207 \rightarrow 208$ となる。この中央値は 151 である。この中央値 151 で輝度値 113 を置き換えると、メディアンフィルタ処理後は、113 であった輝度値が 151 となる。

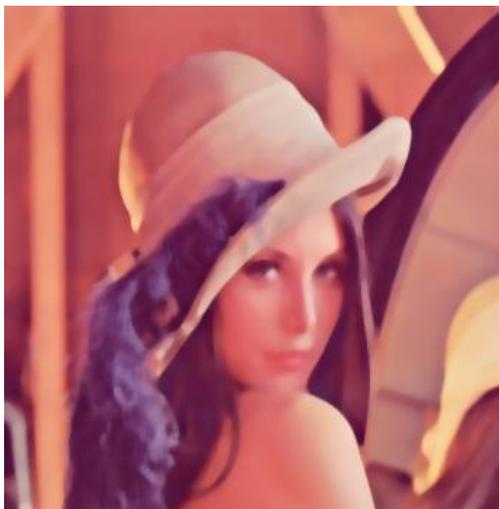
223	80	208	207
123	145	113	136
48	212	186	151
121	125	113	227

(a) フィルタ処理前

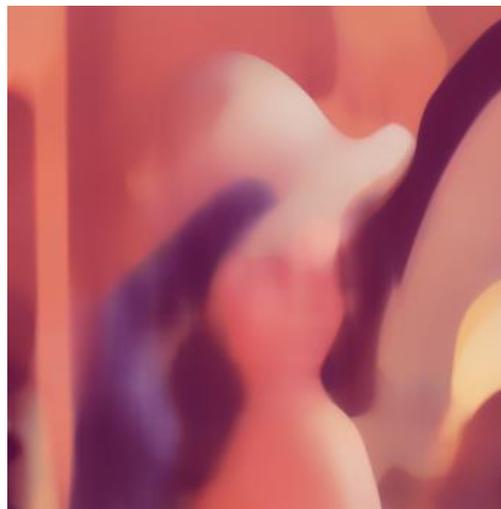
134	134	140	169
134	145	151	159
124	123	145	136
119	121	162	151

(b) フィルタ処理後

図 3 : メディアンフィルタ処理前と処理後の輝度値



(a) カーネルサイズ 11×11



(b) カーネルサイズ 51×51

図 4 : メディアンフィルタ出力画像

カーネルサイズとは、 $n \times n$ の領域の大きさのことである。カーネルサイズが大きいほど、大きいフィルタリング効果が得られる。

(2) ガウシアンフィルタ

一般的な画像では、注目画素に近い画素の輝度値は注目画素の輝度値と近い場合が多いが、注目画素から遠くなればなるほど、注目画素の輝度値とは差が大きくなる場合が多くなる。このことを考慮し、注目画素に近いほど、平均値を計算するときの重みを大きくし、遠くなるほど重みを小さくなるようにガウス分布の関数を用いてレートを計算しているのがガウシアンフィルタである。①の式がガウス分布の関数である。

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

σ の値が小さいほど平滑化の効果は小さくなり、大きいほど効果が大きくなる。3×3 と 5×5 のカーネルを次のページに記載する。

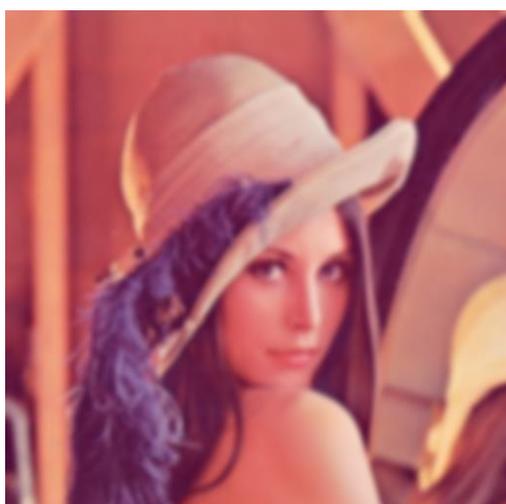
1/16	2/16	1/16
2/16	4/16	2/16
1/16	2/16	1/16

(a)カーネルサイズ 3×3

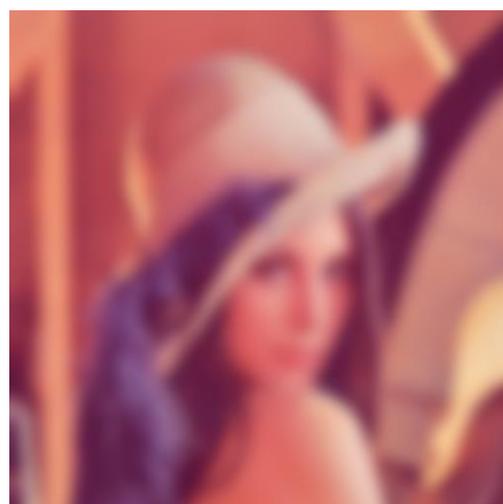
1/256	4/256	6/256	4/256	1/256
4/256	16/256	24/256	16/256	4/256
6/256	24/256	36/256	24/256	6/256
4/256	16/256	24/256	16/256	4/256
1/256	4/256	6/256	4/256	1/256

(b)カーネルサイズ 5×5

図 5 : ガウシアンフィルタのマスクパターン



(a)カーネルサイズ 17×17



(b)カーネルサイズ 51×51

図 6 : ガウシアンフィルタ出力画像

2.2 エッジ抽出と鮮鋭化フィルタ

(1) ソーベルフィルタ

ある注目画素を中心とした上下左右の 9 つの画素値に対して、以下に示すような係数をそれぞれ乗算し、結果を合計する。垂直方向、水平方向の 2 つの係数行列を用いてこの処理を行う。これは一次微分フィルタである。下記の図 7 の赤字の部分が目画素。

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

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

(a) 水平方向

(b) 垂直方向

図 7: ソーベルフィルタのマスクパターン

水平方向の合計値を I_h 、垂直方向の合計値を I_v としたとき、注目画素の画素値は②の式で求めることができる。

$$I = \sqrt{I_h^2 + I_v^2} \dots\dots\dots ②$$

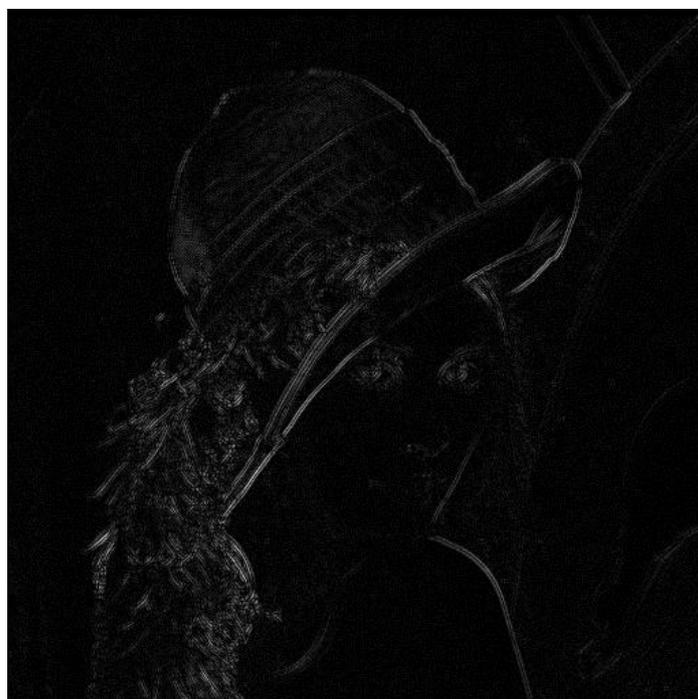


図 8: ソーベルフィルタ出力画像

(2)ラプラシアンフィルタ

ソーベルフィルタは一次微分のフィルタだったが、エッジの性質によっては二次微分に基づくフィルタを用いた方がよい場合もある。ラプラシアンフィルタはその二次微分フィルタの一つで、上下左右の画素に基づく4近傍のものと、斜め方向(45° 方向)を加えた8近傍のものがある。本研究では、8近傍のラプラシアンフィルタを用いている。2変数関数 $f(x,y)$ のラプラシアンは、偏微分を使って③の式で表せる。

$$L(x, y) = \frac{\partial^2}{\partial x^2} f(x, y) + \frac{\partial^2}{\partial y^2} f(x, y) \dots\dots\dots ③$$

これを係数で表現したものを以下に示す。

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

(a)4近傍

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

(b)8近傍

図9：ラプラシアンフィルタのマスクパターン



図10：ラプラシアンフィルタ出力画像

(3)キャニーフィルタ

ガウシアンフィルタとソーベルフィルタを組み合わせることで細線化されたエッジを検出するフィルタである。元画像にガウシアンフィルタを施すことでエッジがぼけた画像になる。さらに、画像にソーベルフィルタを施すことで細線化されたエッジを検出することができる。

ガウシアンフィルタや閾値を適応的に設定することによって、強いノイズに対しても極めて効果的に輪郭を抽出することができる。さらに、曲線形状のエッジ抽出において効果が大きい。



図 11：キャニーフィルタ出力画像

(4)アンシャープマスキング

アンシャープは、文字通り解釈すると「シャープでは無くする」という意味になってしまう。ところが、実際にはシャープにする処理である。アンシャープ処理はピンぼけした画像を補正するときや、画像の光沢のある部分などを鮮明にそれらしくしたいときによく使用される。

画像をシャープにする処理というのは、隣接するピクセルの連続した階調の差分を大きくするという事でもある。逆にぼかしをかけるとは、連続する階調をよりなだらかにする処理である。なだらかになった階調から元の階調を引いた差分に元の階調を足すと、階調差分がより大きくなった画像にする事ができる。これがアンシャープ処理のアルゴリズムである。

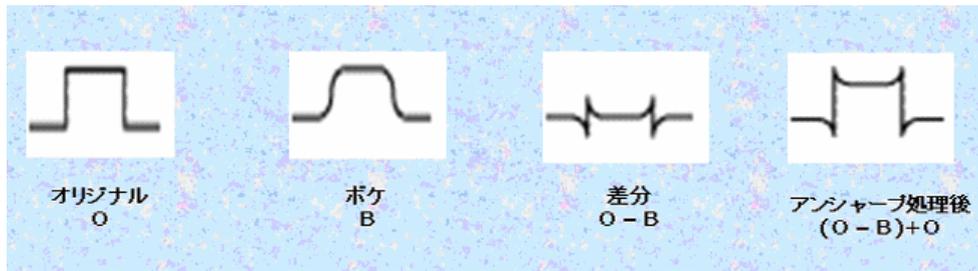


図 12 : アンシャープマスキングのアルゴリズム

まず、オリジナルの階調データ O から、なだらかな階調 B を作成し、 O と B の差分をとり、差分とオリジナルの和でアンシャープ処理後の階調データ $(O-B)+O$ が得られる。この処理を係数で表現したものを④の式として下記に示す。④式では、図 12 を参考にオリジナルは O 、ボケは B と表す。

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 1 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \begin{array}{c} \\ + \\ \\ \end{array} \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 1 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} - \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ \hline 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ \hline 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ \hline \end{array} \times k = \begin{array}{|c|c|c|} \hline -k/9 & -k/9 & -k/9 \\ \hline -k/9 & 1+8k/9 & -k/9 \\ \hline -k/9 & -k/9 & -k/9 \\ \hline \end{array} \dots \textcircled{4}$$

O O B $(O-B)+O$

k は任意レートで、値が大きいほど、輪郭が鮮明になる効果が高くなる。



(a)元画像

(b)アンシャープマスキング

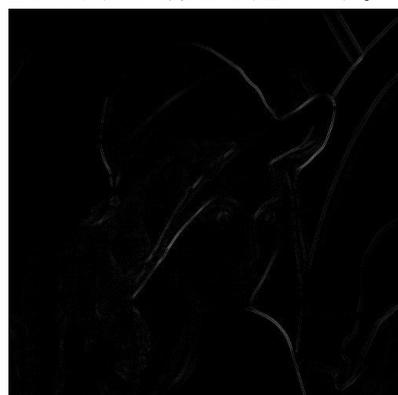
図 13 : 画像の比較

2.3 各フィルタの組み合わせ処理

平滑化フィルタとエッジ抽出フィルタを組み合わせた処理を行った。画像中のノイズを除去するために平滑化を行い、エッジ抽出フィルタを施すことによって、ノイズのない画像ができる。異なるカーネルサイズのメディアンフィルタで平滑化を行い、ソーベルフィルタ、ラプラシアンフィルタ、キャニーフィルタを施した出力画像を下記に示す。

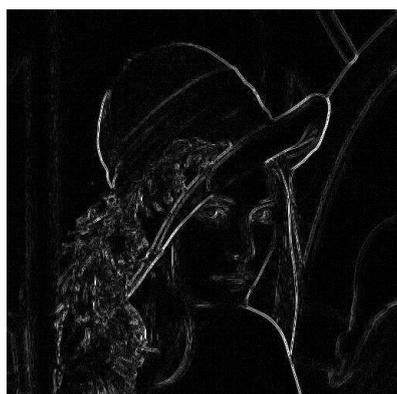


(a)カーネルサイズ 5×5

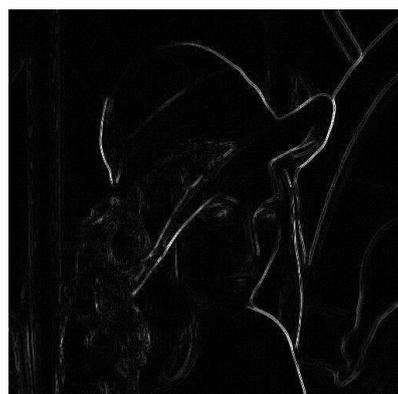


(b)カーネルサイズ 11×11

図 14：メディアンフィルタとソーベルフィルタ



(a)カーネルサイズ 5×5



(b)カーネルサイズ 11×11

図 15：メディアンフィルタとラプラシアンフィルタ



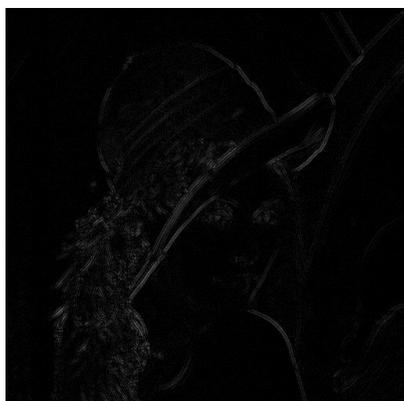
(a)カーネルサイズ 5×5



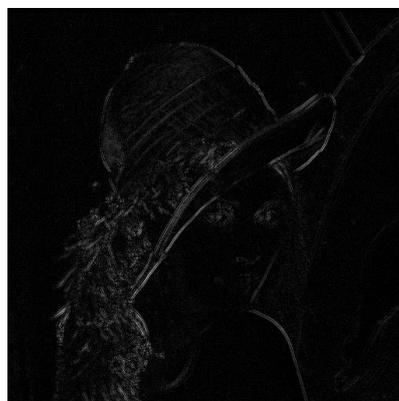
(b)カーネルサイズ 11×11

図 16：メディアンフィルタとキャニーフィルタ

同様に、ノイズ除去のためのガウシアンフィルタを施した後に、ソーベルフィルタ、ラプラシアンフィルタ、キャニーフィルタを施した出力画像を下記に示す。

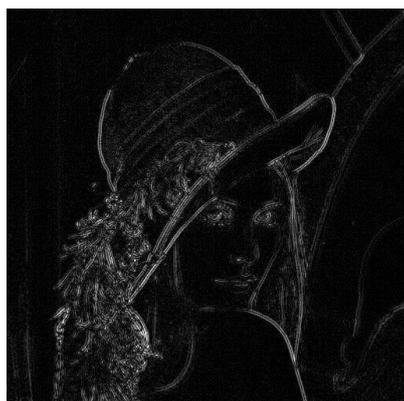


(a)カーネルサイズ 3×3



(a)カーネルサイズ 7×7

図 17 : ガウシアンフィルタとソーベルフィルタ

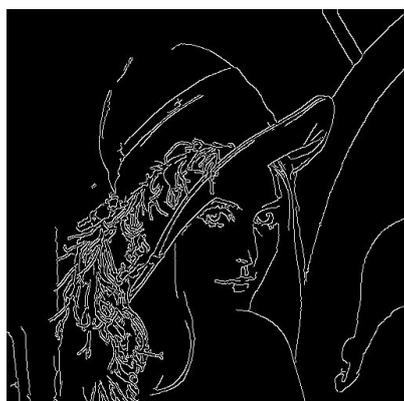


(a)カーネルサイズ 3×3



(a)カーネルサイズ 7×7

図 18 : ガウシアンフィルタとラプラシアンフィルタ



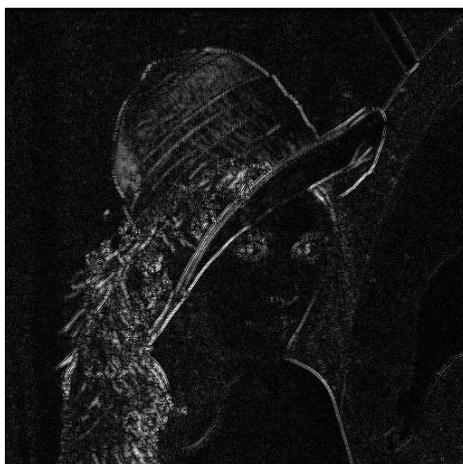
(a)カーネルサイズ 3×3



(a)カーネルサイズ 7×7

図 19 : ガウシアンフィルタとキャニーフィルタ

鮮鋭化フィルタであるアンシャープマスクングとエッジ抽出フィルタの組み合わせ処理を行った。ボケがひどく、輪郭がわかりにくい画像にこの処理の有効性が高い。まず、アンシャープマスクングで鮮鋭化を行い、ソーベルフィルタ、ラプラシアンフィルタ、キャニーフィルタを施した出力画像を下記に示す。



(a)ソーベルフィルタ



(b)ラプラシアンフィルタ



(c)キャニーフィルタ

図 20 : 鮮鋭化とエッジ抽出フィルタの組み合わせ処理

2.4 考察

これらの処理結果から、ラプラシアンフィルタ、キャニーフィルタがエッジ抽出に有効性が高いと考える。ソーベルフィルタは、エッジがわかりづらい。元画像のボケがある場合は、アンシャープマスクングを施してからエッジ抽出フィルタを施すのが良かった。あまりボケがない場合に鮮鋭化を施してからエッジ抽出フィルタを施すと、図 20 の(c)のようにエッジでない部分までエッジとして抽出される。平滑化とエッジ抽出の組み合わせでは、適当なカーネルサイズであると、ノイズが除去され、求めている部分のエッジはきれいに抽出できる。

3. 液晶用ガラス欠損検出への応用

3.1 液晶用ガラス欠損検出システム

液晶用ガラスの欠損(傷)は製造過程で必ず生じるものではないが、欠損が生じないように気をつけていても何枚かに欠損は生じる。そのため欠損の検査は必ず行われ、傷がついているものを市場に出さないよう検査は正確に行われなければならない。検査をより正確に行うために、画像処理を用いて液晶用ガラスの欠損検出を行う。

画像処理に用いる画像は、あらかじめ液晶用ガラスの表面をカメラで撮影したものを使用し、画像処理には4つの画像処理アルゴリズムを使用した。使用した画像処理アルゴリズムは Time Delay Integration (以下 TDI)、ラプラシアンフィルタ、2値化、ラベリングの4つで、これらを組み合わせて欠損検出画像処理システムにする。本研究室の研究で設計した液晶用ガラスの欠損検出画像処理システムの流れを図 21 に示す。

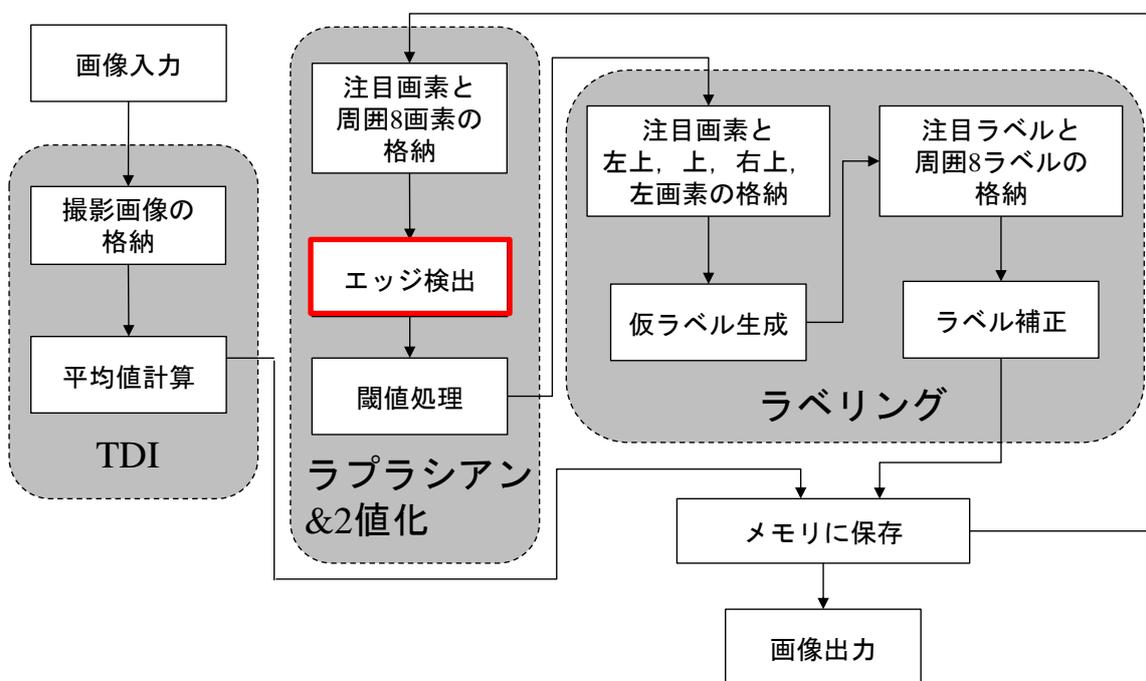


図 21：液晶用ガラス欠損検出画像処理過程

まず、入力された撮影画像に TDI を用いて雑音除去を行い、後に行う画像処理で正しい結果が得られるよう画像に前処理を行う。次に、ラプラシアンフィルタを用いて画像に二次微分処理を行い、画像中に含まれる欠損のエッジ検出を行う。そして、エッジ検出された画像の輝度値を設定した閾値で分ける 2 値化を行い、最後にラベリングを用いて欠損部分に番号を振り、画像を出力する。

従来手法では、図 21 赤枠のエッジ抽出を施すのにラプラシアンフィルタを用いている。本研究では、ラプラシアンフィルタよりも有効性の高い処理がないか検討した。

3.2 フィルタ処理の実験

2章のエッジ抽出フィルタ処理では、ソーベルフィルタよりもラプラシアンフィルタ、キャニーフィルタが、きれいにエッジが抽出できていることがわかる。この実験では、2章の結果を踏まえて、ラプラシアンフィルタ、キャニーフィルタについて検討する。さらに、平滑化とエッジ抽出の組み合わせ処理、アンシャープマスクとエッジ抽出の組み合わせ処理についても検討する。メディアンフィルタのカーネルサイズは 5×5 、ガウシアンフィルタのカーネルサイズは 3×3 で処理を施した。以下の図 22 の TDI 処理後の欠損画像を用いて、実験を行った。矢印は欠損箇所を示す。

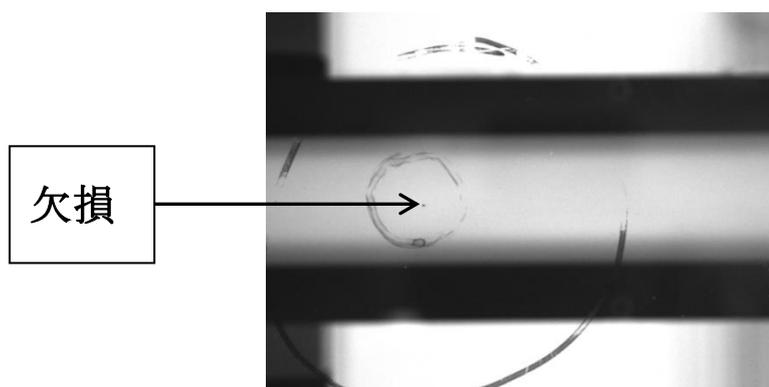
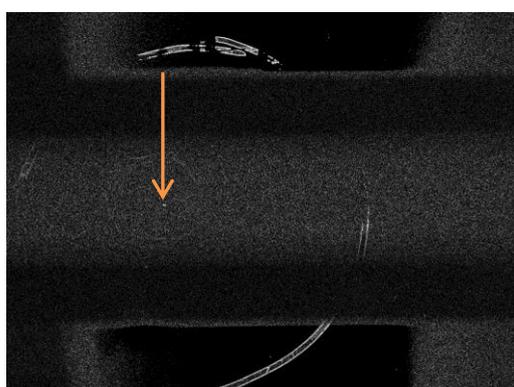


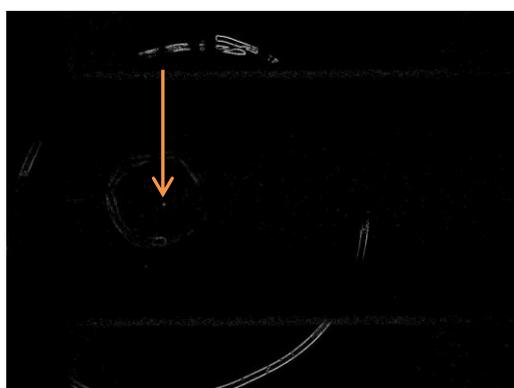
図 22 : TDI 処理後の画像



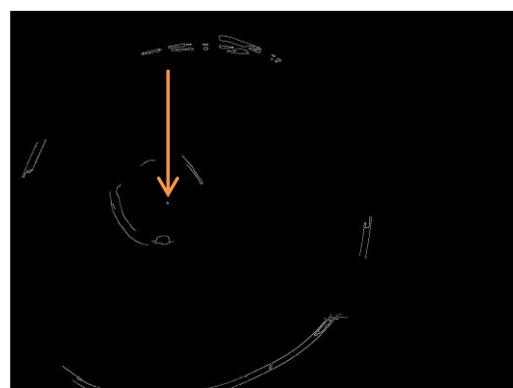
(a)ラプラシアンフィルタ



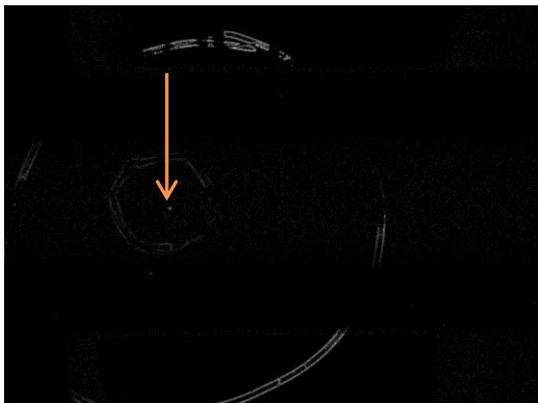
(b)キャニーフィルタ



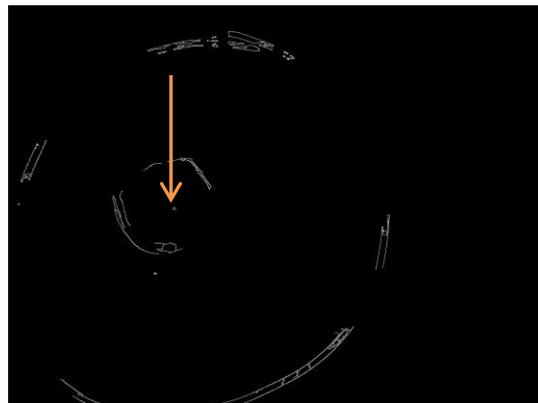
(c)メディアン・ラプラシアンフィルタ



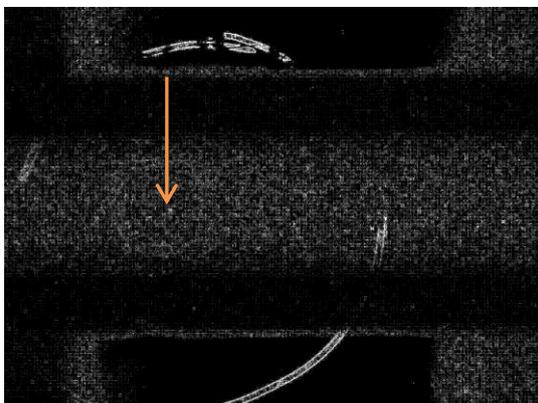
(d)メディアン・キャニーフィルタ



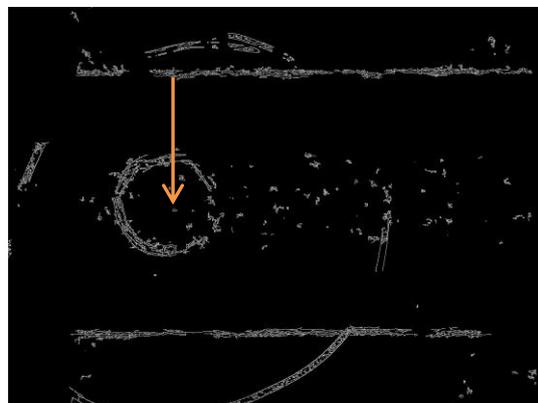
(e) ガウシアン-ラプラシアンフィルタ



(f) ガウシアン-キャニーフィルタ



(g) 鮮鋭化-ラプラシアンフィルタ



(h) 鮮鋭化-キャニーフィルタ

図 23 : 各処理での出力画像

3.3 考察

ラプラシアンフィルタ、キャニーフィルタともに欠損検出に有効性が高いことがわかった。図 23(a)のラプラシアンフィルタでは、ノイズが出てしまった。図 23(c)のように平滑化を施し、このノイズを除去してからエッジ抽出を行うことで、きれいに欠損検出できた。一方キャニーフィルタでは、平滑化を施す必要性はなく、きれいに欠損検出できている。鮮鋭化を施すと、ラプラシアンフィルタ、キャニーフィルタともにエッジでない部分もエッジとして検出するので、今回の実験で使用した図 22 の TDI 処理後の画像では、施す必要はないと考える。

この実験結果を踏まえて、液晶用ガラス欠損検出では、従来手法であるラプラシアンフィルタよりも、平滑化を施す必要なくきれいに欠損を検出できるキャニーフィルタの場合の方が、有効性が高いと考える。

4. 甲骨文字の認識への応用

4.1 甲骨文字の認識

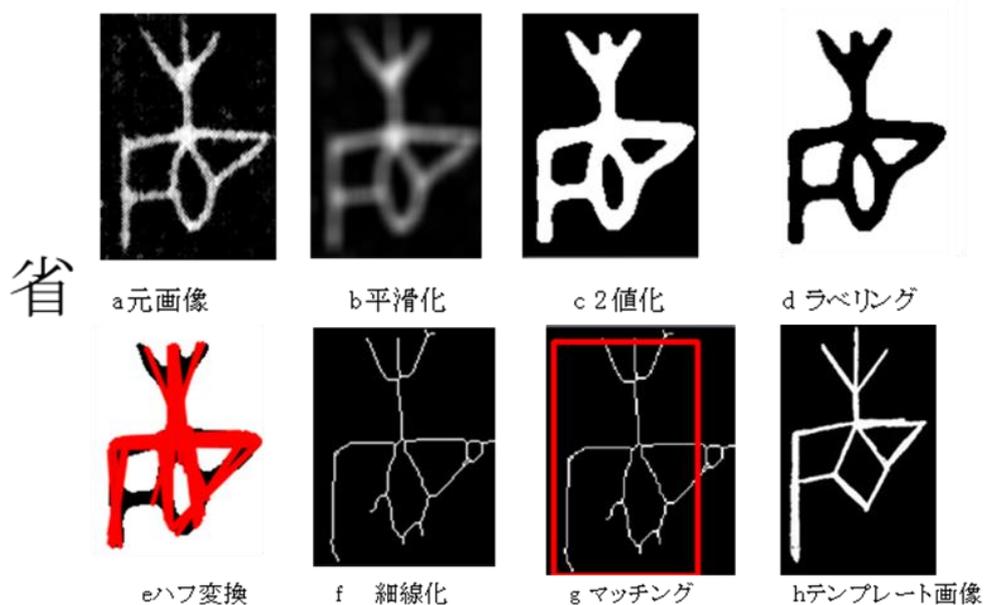


図 24：省の甲骨文字認識過程

本研究室の甲骨文字認識は、図 24 の a から h の流れで研究を行っている。b でガウシアンフィルタを用いて平滑化によるノイズの除去を行い、c で濃淡のある画像を白と黒の 2 階調に変換する 2 値化を行う。2 値化とは、ある閾（しきい）値を定めて、各画素の値が閾値を上回っていれば白、下回っていれば黒に置き換える処理のことである。d で入力画像に対して、連結する画素(同じ色や同じ領域など)ごとに同じ番号を割り振るラベリング処理を行い、e でハフ変換と呼ばれる画像から直線や円を検出する技法を行う。最後に細線化処理、マッチングを行って甲骨文字の認識という流れである。

4.2 フィルタ処理の実験

図 24 の b の平滑化から c の 2 値化の処理工程の実験を行う。下記に示す図 25 の甲骨文字に対して、認識に適切なフィルタ処理について検討した。

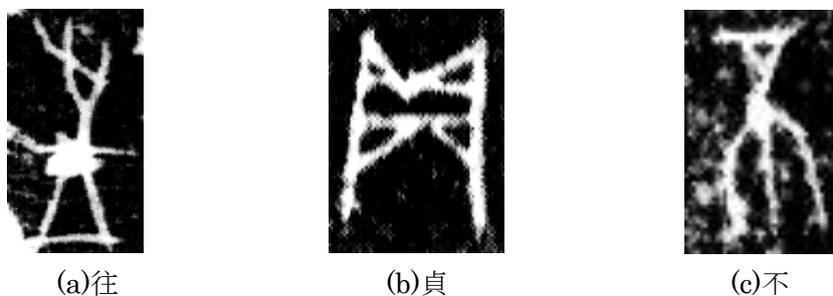


図 25 : 甲骨文字の元画像

(1) 甲骨文字「往」

図 26 と図 27 は、甲骨文字に含まれるノイズを除去するため、メディアンフィルタとガウシアンフィルタによる平滑化を行い、その後に 2 値化処理を施す。図中の数値は平滑化フィルタを施した場合のカーネルサイズである。

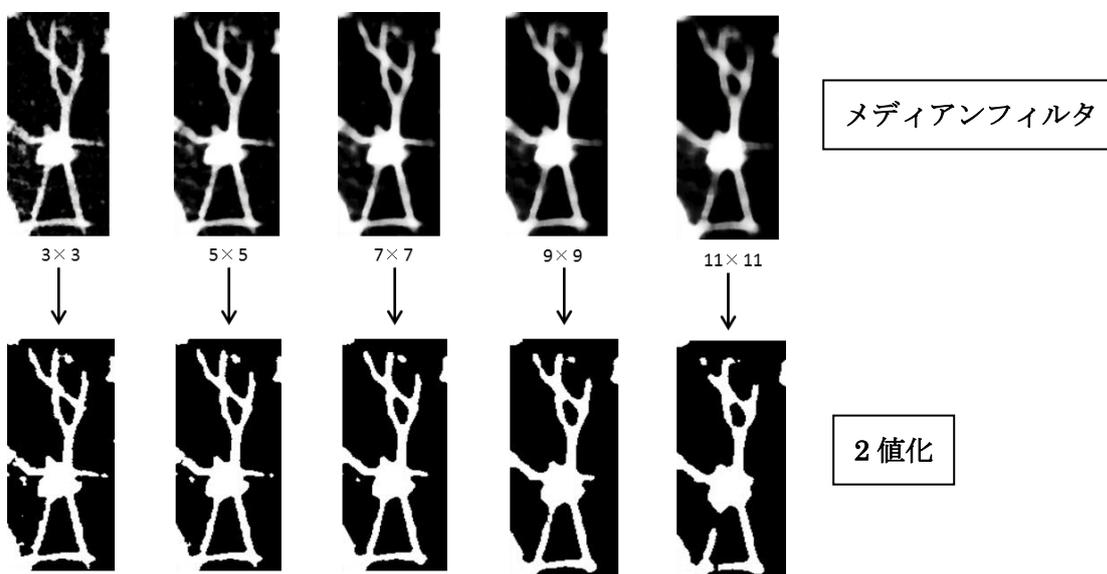


図 26 : メディアンフィルタによる甲骨文字の認識①

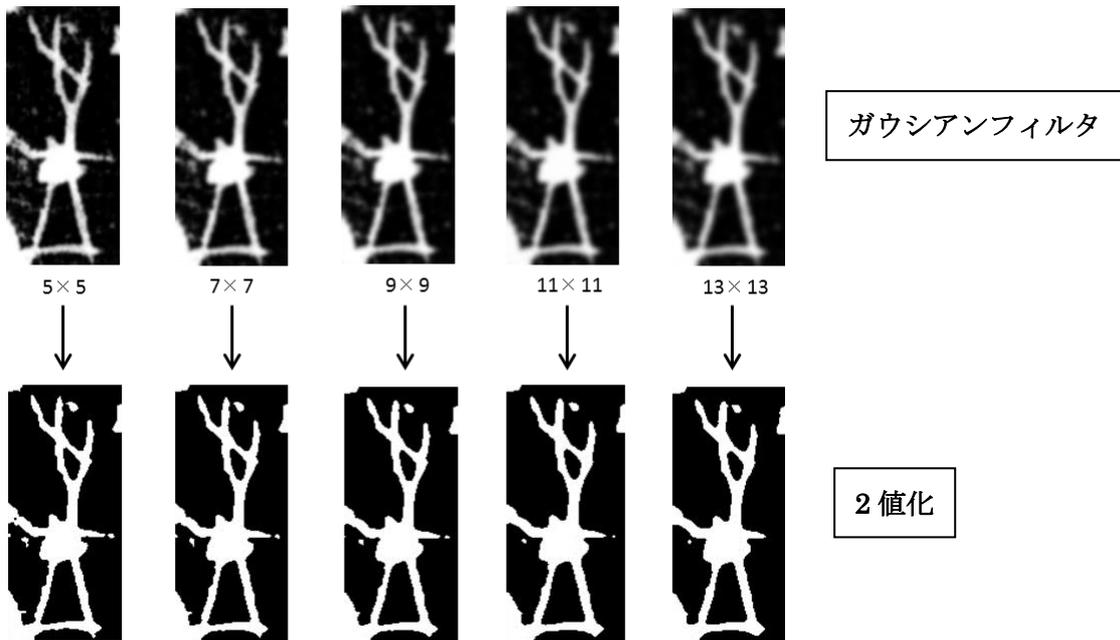


図 27 : ガウシアンフィルタによる甲骨文字の認識①

図 26 のメディアンフィルタのカーネルサイズ 11×11 以外の出力画像では、良い結果が得られた。メディアンフィルタのカーネルサイズ 11×11 の出力画像は、文字が平滑化により離れてしまって、うまく出力されなかった。

(2)甲骨文字「貞」

(1)と同様の処理を行う。

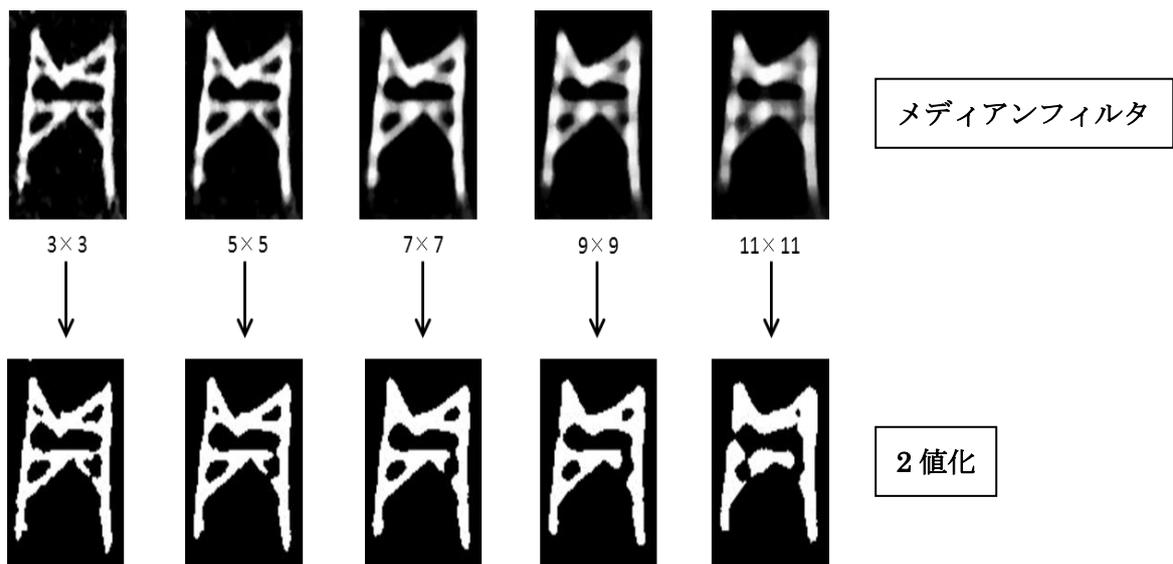


図 28 : メディアンフィルタによる甲骨文字の認識②

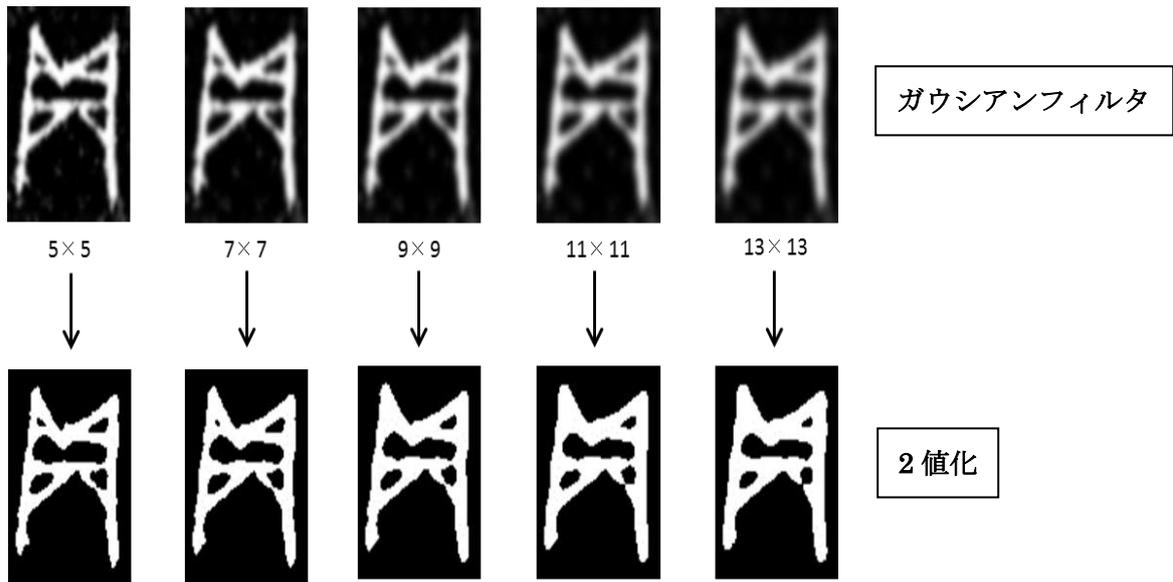


図 29 : ガウシアンフィルタによる甲骨文字の認識②

図 28 のメディアンフィルタのカーネルサイズ 3×3 と図 29 のガウシアンフィルタのカーネルサイズ 5×5 の出力画像がかなり良い結果が得られた。一見、文字が凸凹でノイズが取れていないように見えるが、周りの凸凹は、後処理の図 24 の e のハフ変換で消すことができる。また、文字中の穴が 4 つあるのが大切である。

(3)甲骨文字「不」

(1)、(2)同様の処理を行う。

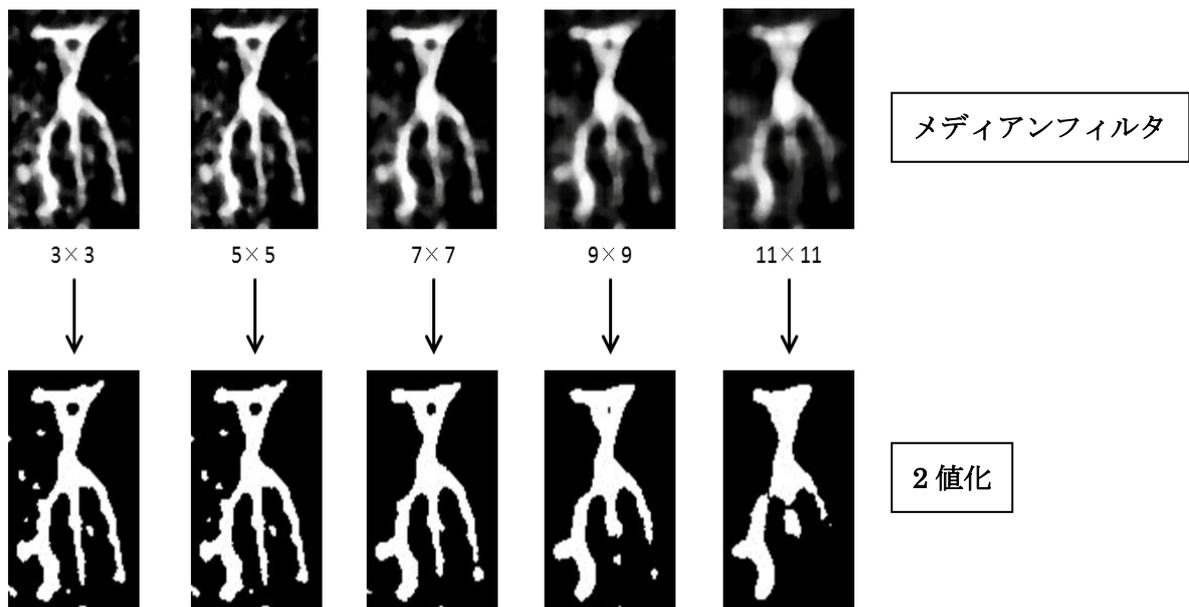


図 30 : メディアンフィルタによる甲骨文字の認識③

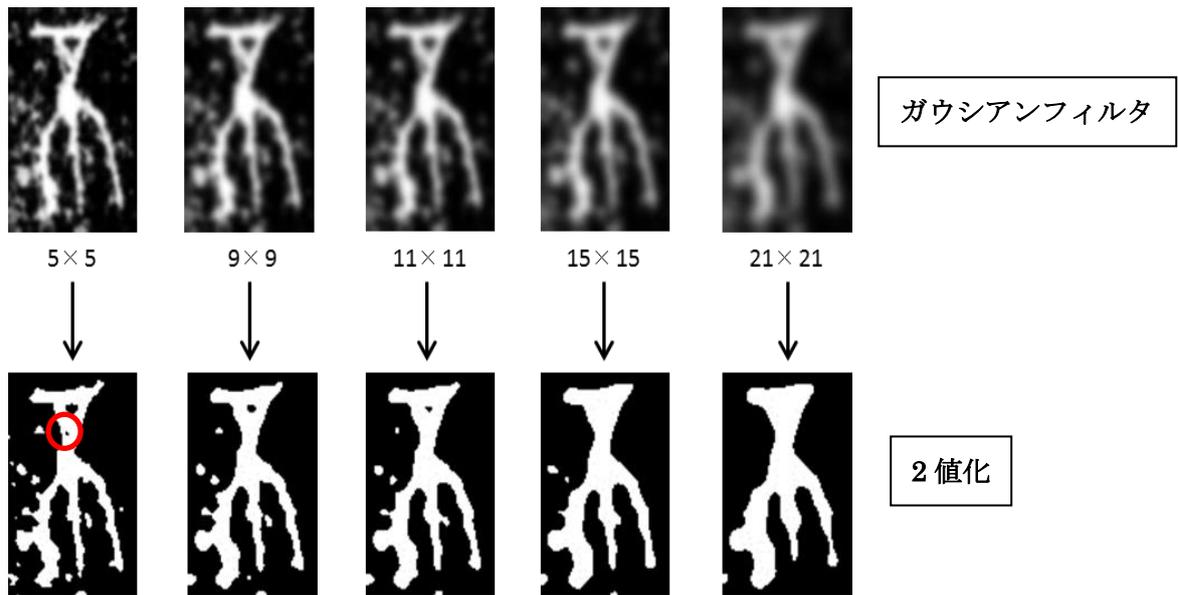


図 31 : ガウシアンフィルタによる甲骨文字の認識③

図 30 のメディアンフィルタのカーネルサイズ 3×3 、 5×5 と、図 31 のガウシアンフィルタのカーネルサイズ 9×9 、 11×11 は良い結果が得られた。それ以外の出力画像は、文字が途中で切れてしまっている。さらに、文字中の穴が潰れてしまっていることから、元画像と離れている。元画像はノイズがひどく、文字とノイズがくっついている。図 31 の赤でかこってある部分は、文字中のノイズがとれていない。文字の周りのノイズは、図 24 の d のラベリングで取れるので問題ない。

4.3 考察

この実験から、最適な平滑化フィルタ処理の種類やカーネルサイズは、文字によって変化することがわかった。求めている画像は、2 値化を施した後で、元画像の文字と離れすぎでない、ノイズが取れなくずれない画像である。

全ての 2 値化画像を比べると、メディアンフィルタのカーネルサイズ 3×3 が比較的良い結果が出ていた。ガウシアンフィルタよりもメディアンフィルタの方が、画像のボケが強い。したがって、メディアンフィルタのカーネルサイズ 3×3 により、文字が切れるといった問題が生じた場合は、ガウシアンフィルタを利用することが望ましい。

5. おわりに

本論文では、**OpenCV** を用いて平滑化やエッジ抽出の分野である、数種類のフィルタ処理を実現し、そのフィルタ処理が、本研究室で行われている液晶用ガラス欠損検出システムや甲骨文字認識に応用して、実際に実験を行って、有効性が高い処理を提案した。

液晶用ガラス欠損検出システムの処理の実験では、従来のラプラシアンフィルタよりも、キャニーフィルタの方が、有効性が高いことがわかった。

甲骨文字認識の処理の実験では、平滑化の処理の過程で、メディアンフィルタのカーネルサイズ 3×3 を利用すると、比較的良い結果が得られることがわかった。

今後の課題として、平滑化やエッジ抽出のフィルタ処理だけに留まらず、色んな分野のフィルタ処理に対し、**OpenCV** を用いて実現し、本研究室の液晶用ガラス欠損検出システムや、甲骨文字の認識に応用することはもちろん、数多くの研究に応用することが挙げられる。**OpenCV** のプログラミングなどをさらに学び、新規性・有効性が高い研究に応用していくことが課題である。

謝辞

本研究の機会を与えてくださり、ご指導いただきました山崎勝弘教授、孟林助教に深く感謝致します。研究に必要なデータを提供していただいた野尻直人さんや河井健太郎さん、様々な面で貴重な助言や励ましを下さった研究室の皆様に深く感謝致します。

参考文献

- [1]松山圭輔：FPGA を用いた液晶用ガラス欠損検出システムの高速化，立命館大学工学部研究科修士論文，2013.
- [2]野尻直人：FPGA を用いた液晶用ガラス欠損検出システムの並列化，立命館大学工学部卒業論文，2013.
- [3]松山圭輔，孟林，山崎勝弘：FPGA ボードを用いた液晶用ガラスの欠損検出画像処理の高速化，情報処理学会関西支部支部大会，A-03，2011.
- [4]奈良先端科学技術大学院大学 OpenCV プログラミングブック製作チーム：OpenCV プログラミングブック，毎日コミュニケーションズ，2007.
- [5]OpenCV2 プログラミングブック製作チーム：OpenCV2 プログラミングブック，マイナビ，2012.
- [6]落合淳思：甲骨文字に歴史を読む，筑摩書房，2008.
- [7]奥田浩人、出口光一郎：ガウシアンフィルタによる濃淡エッジの振舞いとエッジ抽出，情報処理学会論文誌，Vol. 36 No. 10，1995.
- [8]濮茅左：上海博物館蔵甲骨文字，上海辞書出版社，2009.
- [9] 孟林、河井健太郎、落合淳思、泉知論、山崎勝弘：直線抽出による甲骨文字の認識，情報処理学会第 76 回全国大会，2D-5，2014.

付録

甲骨文字の実験では、本論文の3文字以外の以下の文字についても検討した。

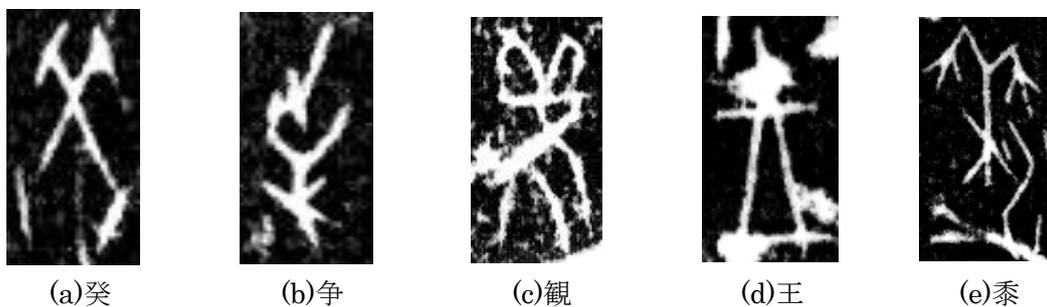


図 32 : 甲骨文字の元画像

(a)癸

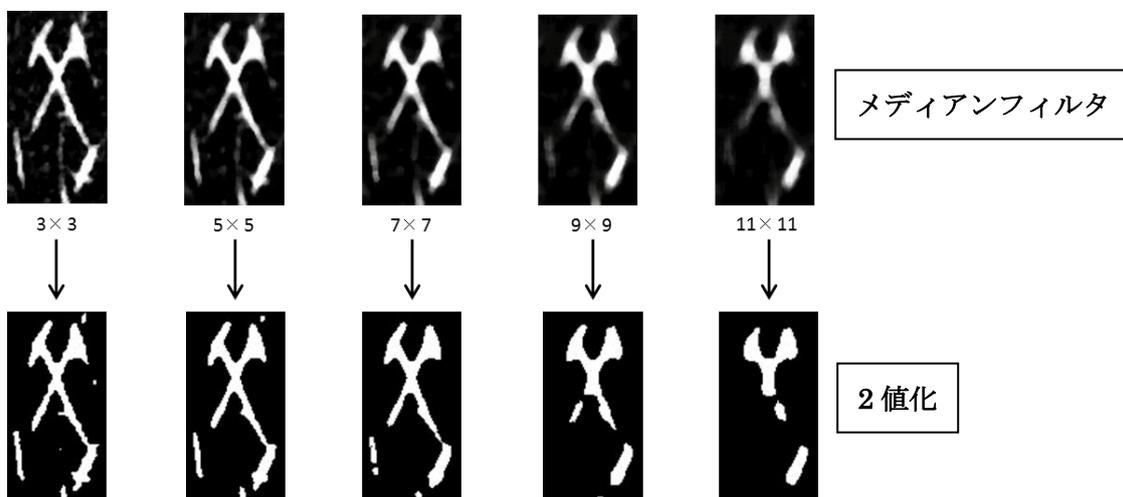


図 33 : メディアンフィルタによる甲骨文字の認識④

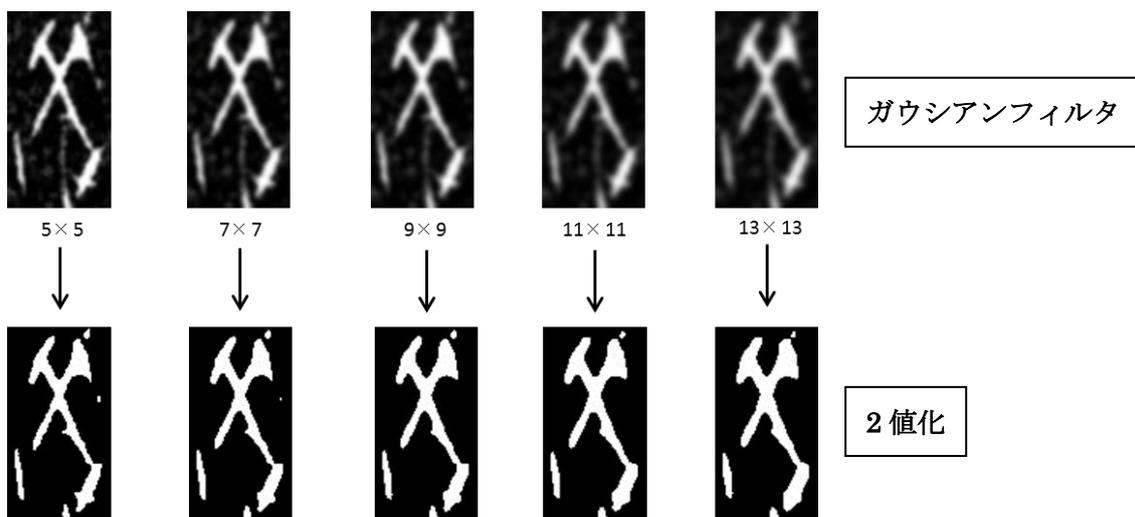


図 34 : ガウシアンフィルタによる甲骨文字の認識④

(b)争

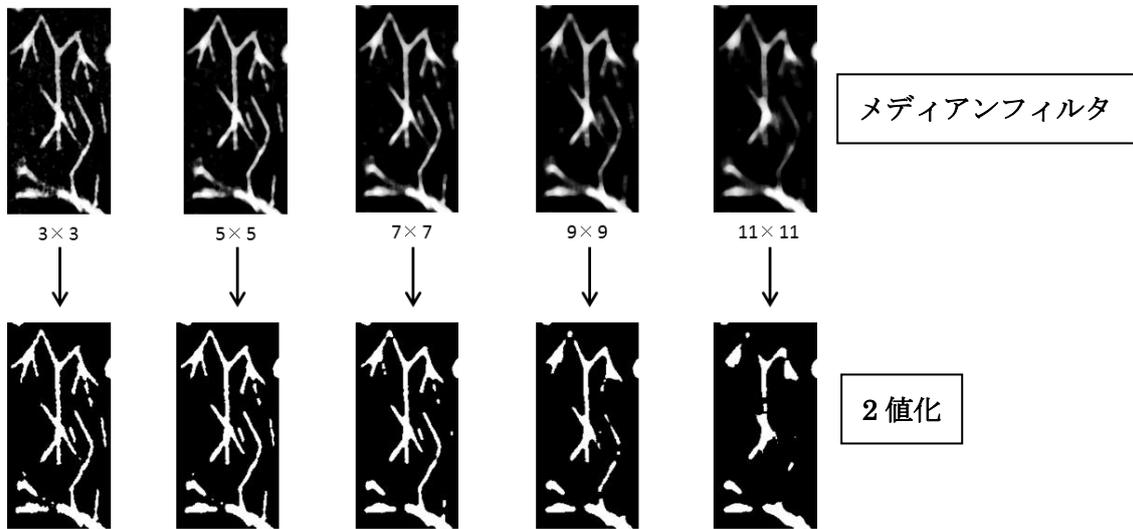


図 35 : メディアンフィルタによる甲骨文字の認識⑤

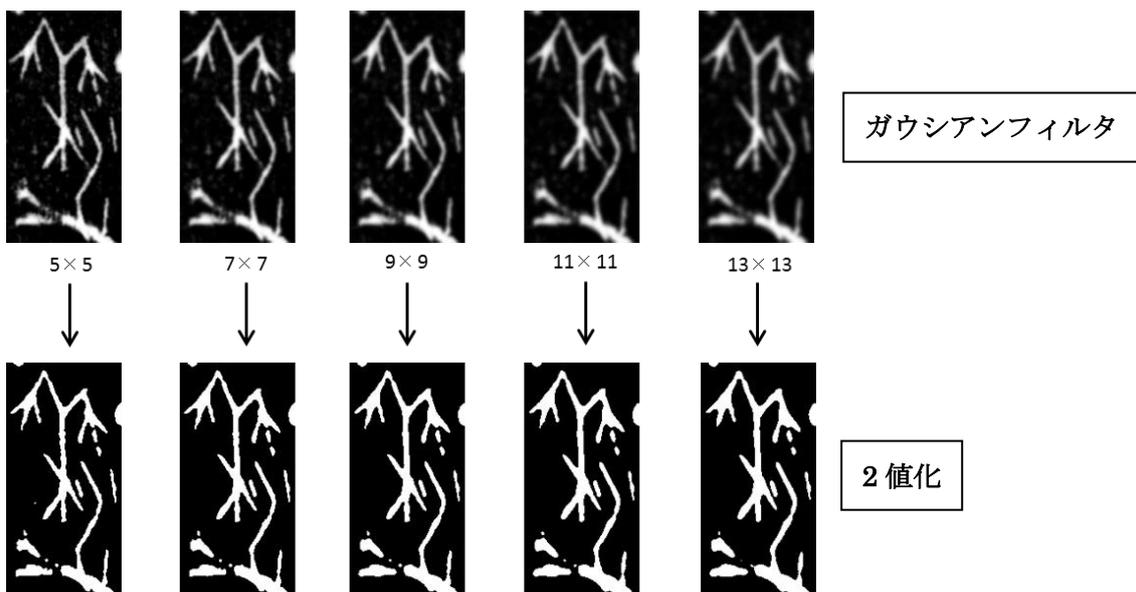


図 36 : ガウシアンフィルタによる甲骨文字の認識⑤

(c)観

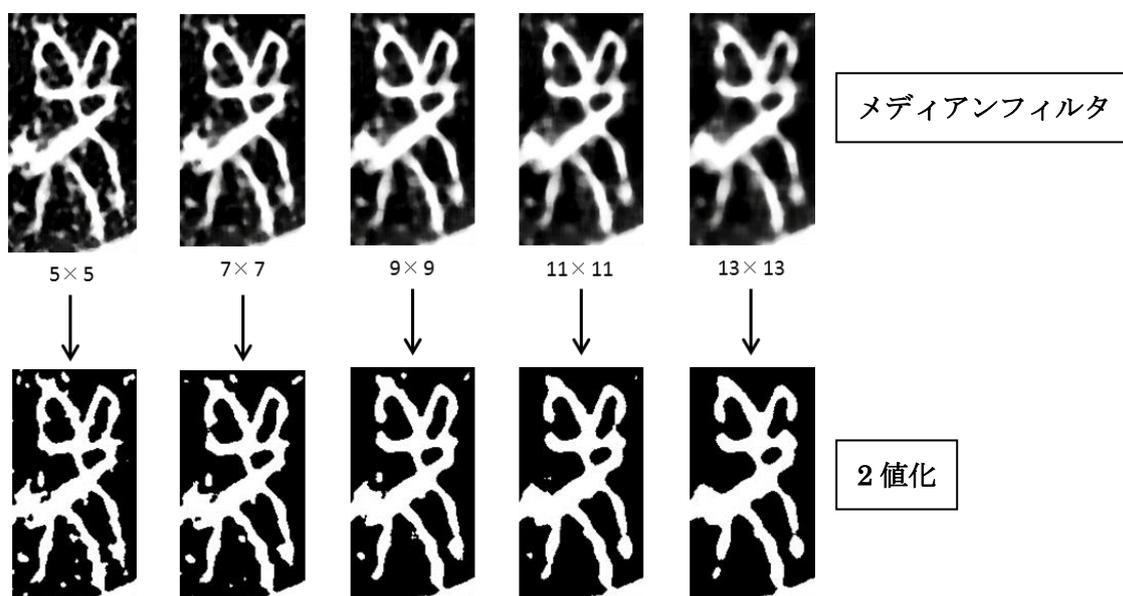


図 37 : メディアンフィルタによる甲骨文字の認識⑥

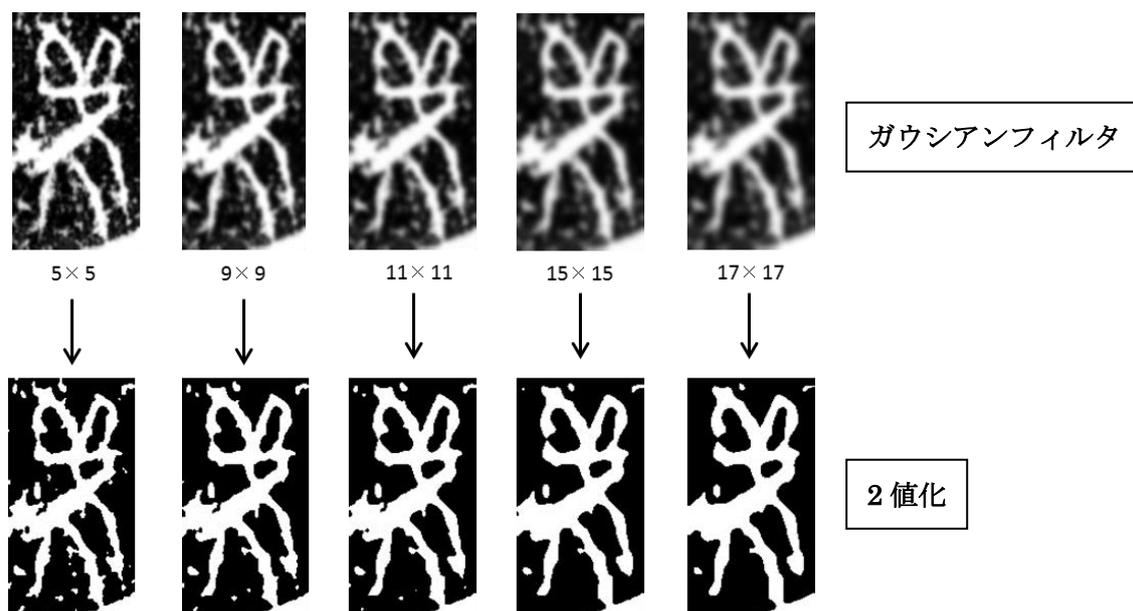


図 38 : ガウシアンフィルタによる甲骨文字の認識⑥

(d)王

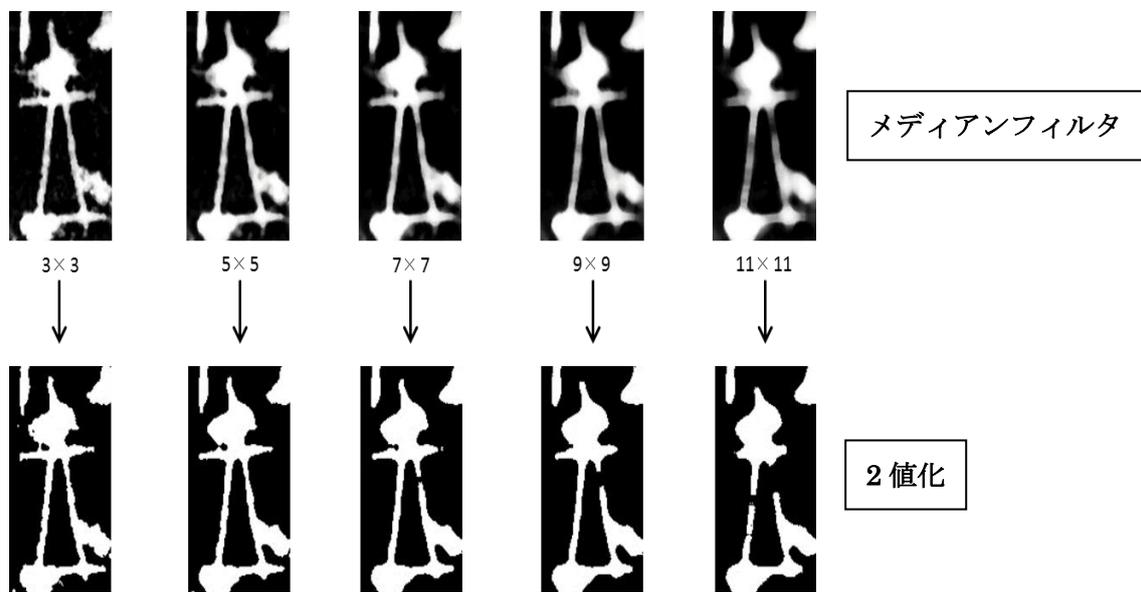


図 39 : メディアンフィルタによる甲骨文字の認識⑦

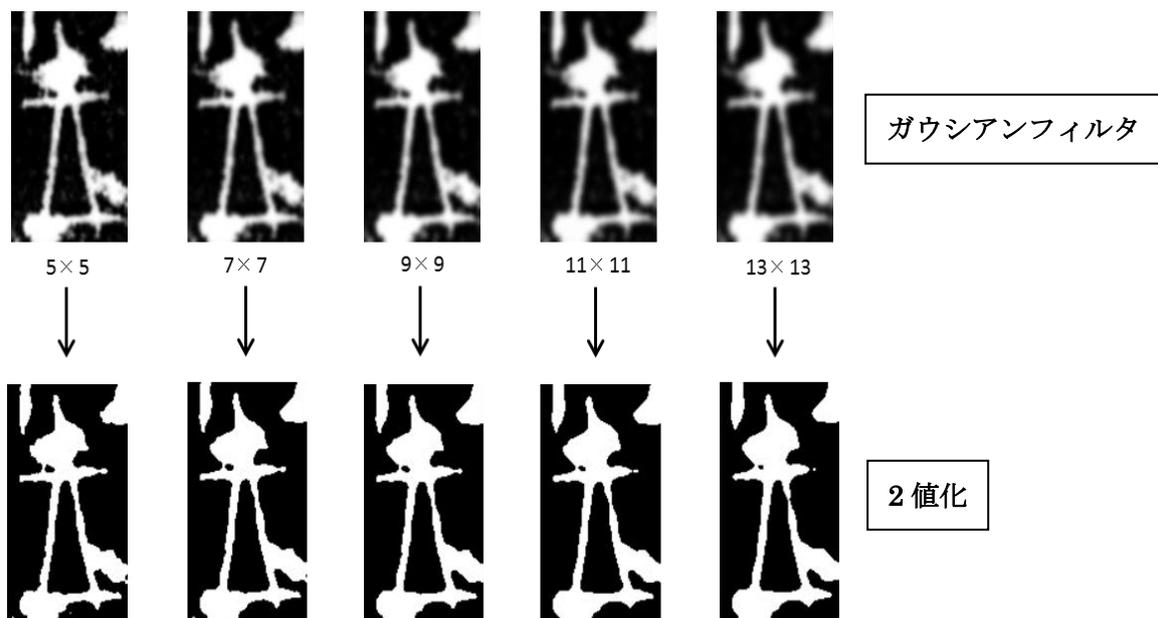


図 40 : ガウシアンフィルタによる甲骨文字の認識⑦

(e)黍

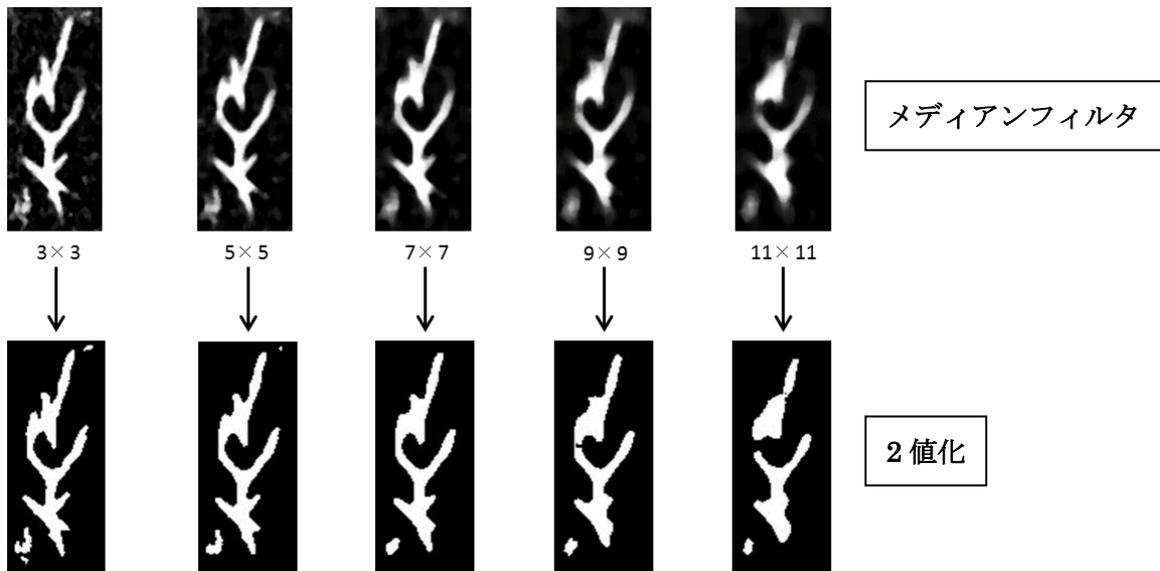


図 41 : メディアンフィルタによる甲骨文字の認識⑧

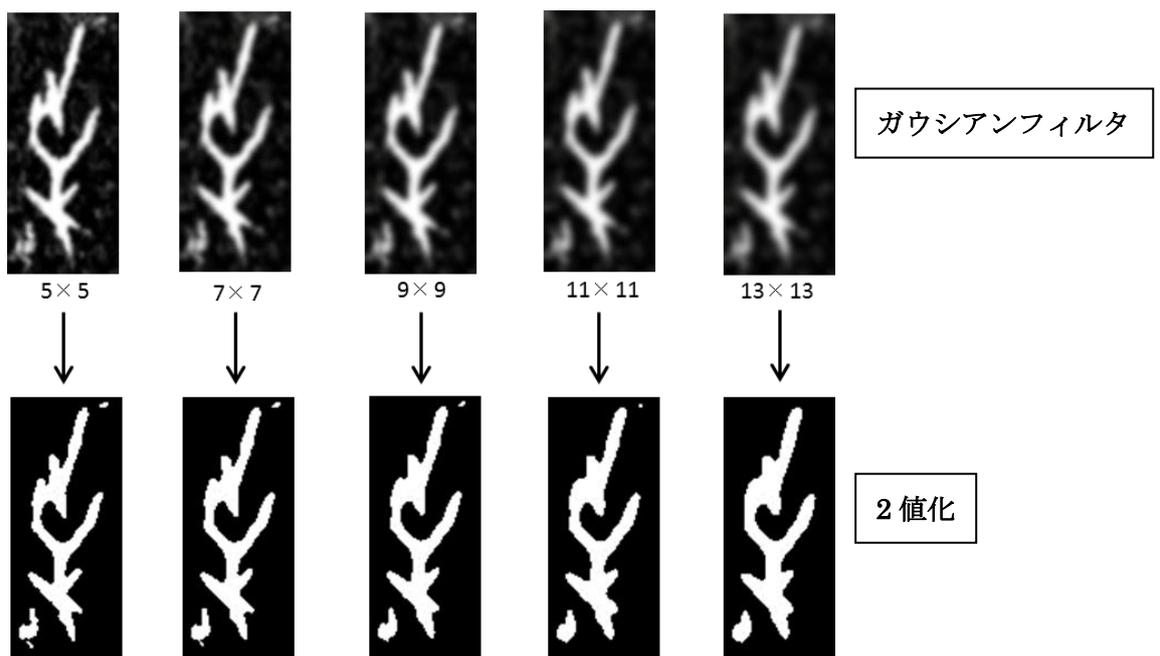


図 42 : ガウシアンフィルタによる甲骨文字の認識⑧