

◎ 演習 (USM 処理)

収録されている演習用の乳房画像を用いて、カーネルサイズを変えた従来の周波数処理 (USM 処理) を行い処理過程を理解する。

《演習を行う前の準備》

周波数処理の演習を行う前に、この演習ではフリーソフト “ImageJ” プラグインフォルダ 「FP」 を使用する。

《演習で使用する画像の説明》

使用画像の L_MLO(32).tiff は、演習用に画像を扱いやすくするため、画像を 1/4 にダウンサイズしてデータ容量を小さくしている。また、FPD 装置で撮影された乳房画像であるため、対数変換を行い Log リニア画像とし、さらに ImageJ で浮動小数点を扱えるようにするため 32 bit データに変換してある。

〔1〕 マスクサイズ「3×3」の単純平滑化フィルタを使用し、手作業で USM 処理を行う

i) ImageJ で画像を開く。

- (1) メニューバーの「File」→「Open」→「第 7 章 演習 ファイル」→「L_MLO(32).tiff」→「開く」(図 1)

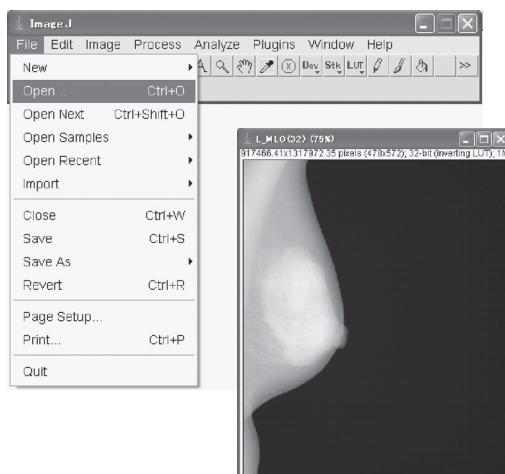


図 1 ImageJ への画像取り込み

- (2) Window Level および Window Width の調整

メニューバーの「Image」→「Adjust」→「Window/Level」→「Set」にて、「Window Level:3050」, 「Window Width:650」を入力し、続いて、「OK」する (図 2)。

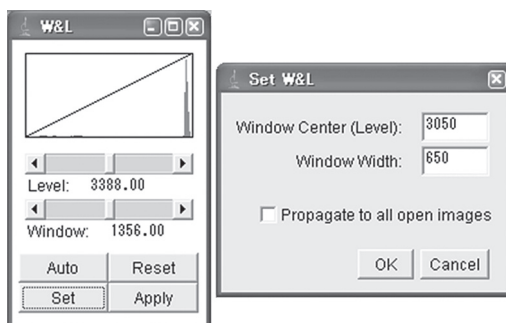


図 2 Window Level, Window Width の設定

ii) 原画像 (L_MLO(32)) から、マスクサイズ「 3×3 」の平滑化フィルタにより、強調係数 = 2 の USM 処理を行う。

(1) 画像をコピーする。

メニューバーの「Image」→「Duplicate」にて、title = 「Unsharp Image」にして“OK”する (図3)。

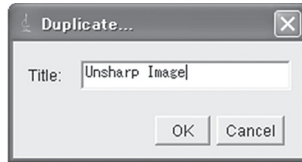


図3 画像のコピー

(2) マスクサイズ「 3×3 」の平滑化フィルタを付加する。

メニューバーの「Process」→「Filters」→「Convolve」→「Open」にて、フォルダ「第7章演習ファイル」の中のフォルダ「US_kernel」内のファイル「US3x3」を選択して“開く”ボタンを押し“OK”する (図4)。

(3) 原画像「L_MLO(32)」と平滑化画像の差分 (Subtraction) を行い、差分画像を作成する。

メニューバーの「Process」→「Image Calculator」にて、Image1 には「L_MLO(32)」, Operation には「Subtract」, Image2 には「Unsharp Image」を選択する (図5). “32-bit Result” にチェックを入れ“OK”する。

(4) 強調係数=2 の処理を行うため, “2” を乗算 (Multiply) する。

メニューバーの「Process」→「Math」→「Multiply」にて, 「Value:2」を入力し“OK”する (図6)。

なお, 強調係数は, 実際の臨床では低濃度域で小さい値, 高濃度域で大きな値に設定される場合が多いが, 演習では処理画像を比較しやすいように, ピクセル値に関係なく

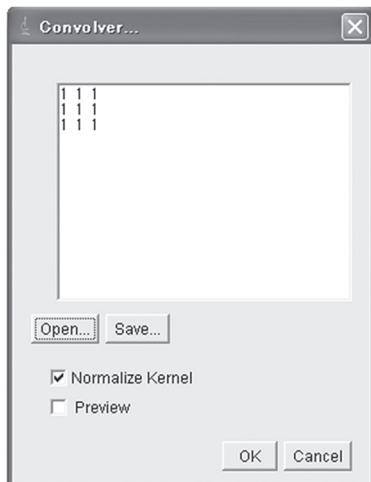


図4 「 3×3 」の平滑化フィルタの設定

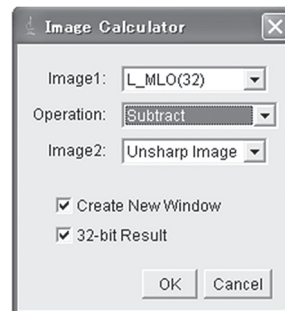


図5 差分処理の設定

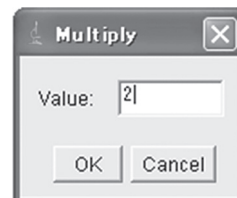


図6 強調係数の設定

一律に強調をかけている。

- (5) 強調係数を乗算した差分画像を原画像に加算 (Addition) する。

メニューバーの「Process」→「Image Calculator」にて、Image1 には「L_MLO(32)」, Operation には「Add」, Image2 には「Result of L_MLO(32)」を選択する (図 7)。「32-bit Result」にチェックを入れ“OK”する。

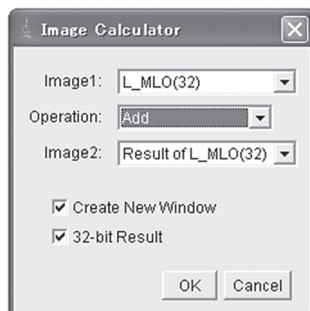


図 7 画像の加算処理の設定

- (6) Window Level, Window Width を揃えて原画像と比較する。

メニューバーの「Image」→「Adjust」→「Window/Level」→「Set」にて「Window Level:3050」,「Window Width:650」を入力し“OK”する。

この演習で作成した画像を、第 7 章図 7-18 で示した USM 処理のブロック図の画像と比較し、処理の流れを確認してほしい。

〔2〕 ImageJ で作成した異なるマスクサイズの USM 処理マクロプログラムを使用して、処理画像を比較する

i) ImageJ で画像を開く。

〔1〕と同様に、乳房画像「L_MLO(32).tiff」を開く。

ii) マクロで作った USM プログラム (USM 5x5E: マスクサイズは 5×5) で処理を行う。

- (1) マクロ「USM 5x5E」を実行する。

メニューバーの「Plugins」→「FP」→「USM 5x5E」

- (2) 強調係数を入力する。

「E coefficient」に“2”を入力し,“OK”する (図 8)。なお default は“2”が設定してある。

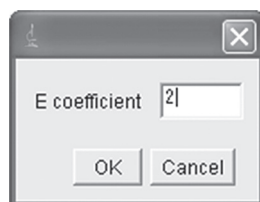


図 8 強調係数の設定

iii) マクロの実行により作成された処理過程の画像を比較する。また、その他のマスクサイズでの USM マクロプログラムを実行し、画像を比較する。

なお、フォルダ「FP」の中にある USM 処理のマクロプログラムは、「USM 3x3E」,「USM 5x5E」,「USM 7x7E」,「USM 15x15E」,「USM 29x29E」で、マスクサイズはそれぞれ「 3×3 」,「 5×5 」,「 7×7 」,「 15×15 」,「 29×29 」である。

図9は、マスクサイズを変えたときの平滑化画像で、(a)はマスクサイズ「 5×5 」の平滑化画像、(b)はマスクサイズ「 11×11 」の平滑化画像、(c)はマスクサイズ「 29×29 」の平滑化画像を示す。(a)から(c)へマスクサイズが大きくなるほどボケの程度が大きくなるのがわかる。図10は、強調係数=2でマスクサイズを変えたときのUSM処理画像で、(a)は原画像、(b)はマスクサイズ「 5×5 」のUSM処理画像、(c)はマスクサイズ「 11×11 」のUSM処理画像、(d)はマスクサイズ「 29×29 」のUSM処理画像を示す。マスクサイズが小さい(b)では高周波数成分が強調され、マスクサイズが大きな(d)では低周波数成分が強調されているのがわかる。

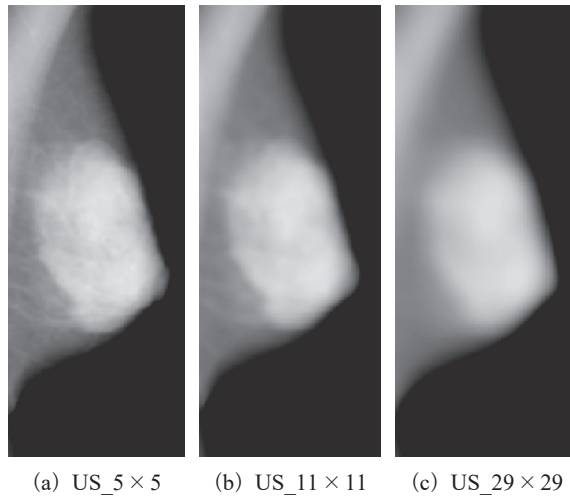


図9 異なるマスクサイズによる平滑化画像の比較

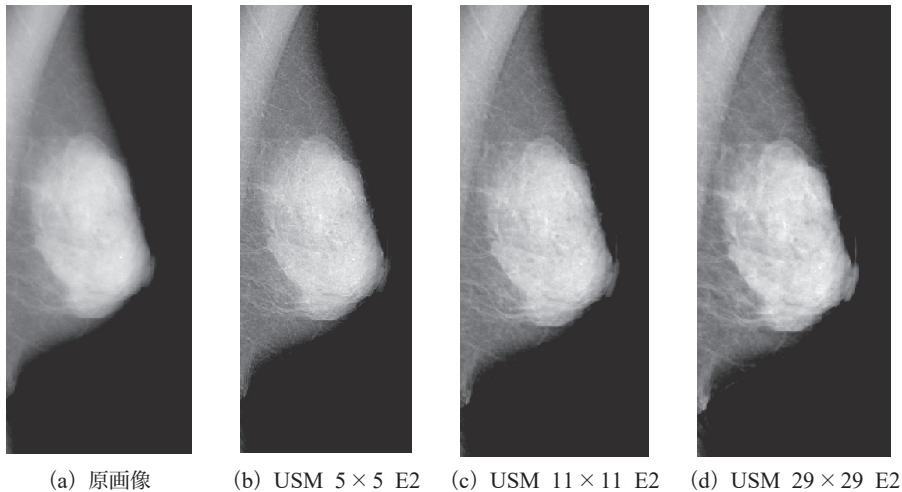


図10 異なるマスクサイズによる強調画像（強調係数=2）

◎ 演習 (MFP)

収録されている演習用乳房画像を用いて、マルチ周波数処理 (MFP) のマクロプログラムを実行し、処理過程の画像を確認する。

〔1〕 ImageJ で作成した MFP マクロプログラムを使用して、処理途中で作成される画像を比較する

i) ImageJ で画像を開く。

「演習 (USM 処理)」と同様に、乳房画像「L_MLO(32).tiff」を開く。

ii) マクロで作った MFP プログラムで処理を行う。

(1) マクロ「MFP G」を実行する。

メニューバーの「Plugins」→「FP」→「MFP G」。

(2) 各周波数帯域の強調係数を入力する (図 11)。

「G1」に“1.0”を入力し、“OK”する。

「G2」に“0.8”を入力し、“OK”する。

「G3」に“0.6”を入力し、“OK”する。

「G4」に“0.4”を入力し、“OK”する。

「G5」に“0.2”を入力し、“OK”する。

(3) コントラスト依存非線形関数の Xm, Ym を入力する (図 11)。

「Xm」に“160”を入力し、“OK”する。

「Ym」に“1”を入力し、“OK”する。

(4) 多数枚の処理過程の画像が作成され、「MFP Xm,Ym 160,1」画像が処理結果画像となる。



図 11 マクロ「MFP_G」実行時の入力値

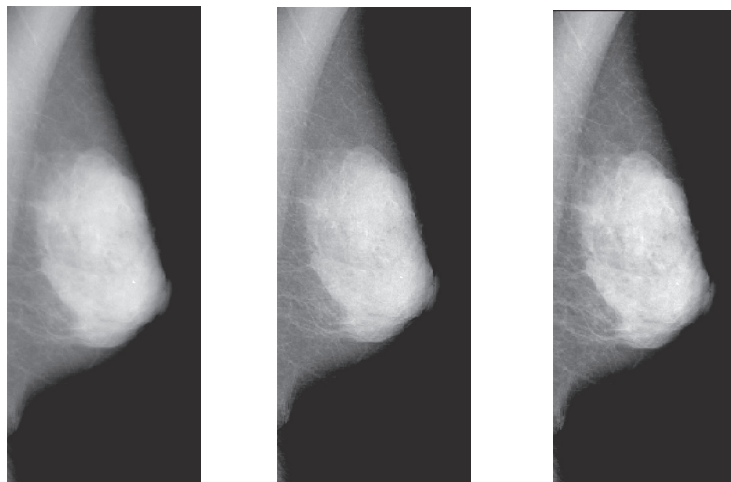
マクロの周波数バランスは {G1=1.0;G2=0.8;G3=0.6;G4=0.4;G5=0.2}、コントラスト依存非線形関数のパラメータは {Xm=160;Ym=1} が default で設定されている (各周波数帯域の強調は、G1 が高空間周波数成分、G5 が低空間周波数成分の強調係数となる)。また、MFP マクロを実行したときに作成される多数枚画像の説明を表 1 に示す。表 1 の平滑化画像は G31Image から G35Image になるほどボケが大きくなり、差分画像では Sus OriGa1 が高周波数成分で Sus Ga4Ga5 になるほど低周波数成分になる。

この演習で作成した画像を、第 7 章図 7-22 で示した MFP のブロック図の画像と比較し処理の流れを確認してほしい。

*注意：MFP 処理途中の画像で、Sus Ga4Ga5 画像にブロック用のアーティファクトが認められるが、これはプログラムのバグではなく、入力画像に演習用画像 (1/4 にリサイズした画像)

表1 マクロMFP_Gで作成される処理画像の記号一覧

平滑化画像		
G3_1_Image	:	ガウシアンフィルタ1回付加の平滑化画像
G3_2_Image	:	ガウシアンフィルタ2回付加の平滑化画像
G3_3_Image	:	ガウシアンフィルタ3回付加の平滑化画像
G3_4_Image	:	ガウシアンフィルタ4回付加の平滑化画像
G3_5_Image	:	ガウシアンフィルタ5回付加の平滑化画像
差分画像		
Sus_Ori_Ga1	:	原画像とG3_1_Imageの差分画像
Sus_Ga1_Ga2	:	G3_1_ImageとG3_2_Imageの差分画像
Sus_Ga2_Ga3	:	G3_2_ImageとG3_3_Imageの差分画像
Sus_Ga3_Ga4	:	G3_3_ImageとG3_4_Imageの差分画像
Sus_Ga4_Ga5	:	G3_4_ImageとG3_5_Imageの差分画像
周波数バランス		
G1	:	Sus_Ori_Ga1
G2	:	Sus_Ga1_Ga2
G3	:	Sus_Ga2_Ga3
G4	:	Sus_Ga3_Ga4
G5	:	Sus_Ga4_Ga5



(a) 原画像 (b) 「USM_5×5_E1」 (c) 「MFP_Xm,Ym 160,1」

図12 マスクサイズ「5×5」のUSM処理とMFPの処理画像

を使用したために生じることをお断りしておく。

図12はUSM処理画像とMFP画像の比較で、(a)は原画像、(b)はマスクサイズ「5×5」で強調係数=1のUSM処理画像、(c)はMFP画像で、パラメータはG1=1.0；G2=0.8；G3=0.6；G4=0.4；G5=0.2，Xm=160；Ym=1のときの処理結果画像である。(b)のUSM処理では高周波数成分が強調されているのが認められ、粒状性がやや目立つ感じを受ける。(c)

の MFP では乳腺組織内のコントラストが明瞭になり，低周波数成分から高周波数成分までを連続的に強調しているため，より自然に強調されているのがわかる。