

1.1 画像の強調法

画像の強調処理は人間にとって見やすくするために画質を改善する処理であり、コントラスト強調と画像鮮鋭化の二種類に大別される³⁾。コントラスト強調は画像全体もしくは大部分の明るさに差が無く、見えにくい画像について濃度を変換する処理である。画像鮮鋭化は光学的なぼけで劣化している画像に関してエッジや細部などの高周波数成分を強調する処理である。

1.1.1 コントラスト強調

ヒストグラム均等化法(HE)はコントラスト強調の一つであり、図1のように濃度がある範囲に偏っているのを広い範囲に濃度の分布を広げる処理である^{4,31)}。

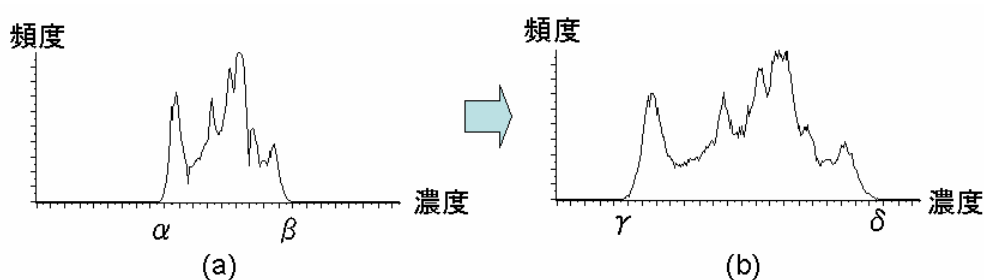


図1

図1(a)における範囲(α , β)を図(b)の(γ , δ)の範囲に変換するとき、変換後の濃度 y' は

$$y' = \left(\frac{\delta - \gamma}{\beta - \alpha} \right) \cdot (y - \alpha) + \gamma \quad (1)$$

で求めることができる。図2は式1に示す濃度の変換を行う曲線の一例であり、この他種々の極性が考えられる。図3(a)に示す見えにくい画像もHE法を用いることで図3(b)のように画像の濃淡がより明確になり、画質が改善したことがわかる。

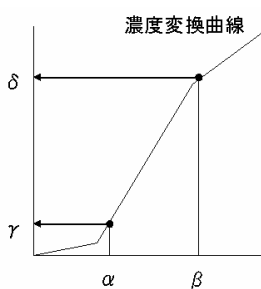


図2



(a)

(b)

図3

1.1.2 Un-sharp Masking (UM) 処理

濃度的には問題はないが、画像がぼけている場合には画像の高周波数成分を強調し、エッジや細部等の急激な変化成分を強調することで画質が改善できる。代表的な処理にアンシャープ・マ

スキング (UM) 処理がある^{3,4)}。UM処理は処理対象画像の変化の強い部分などの高周波数成分を抽出し、それを処理対象画像に加えることにより鮮鋭化を行う。処理対象画素を $x(i, j)$ 、強調処理結果画素を y としたとき、UM 処理は以下のように定義される。

$$y(i, j) = x(i, j) + \lambda \cdot e(i, j) \quad (2)$$

このとき $h(i, j)$ は処理対象画素の高周波成分であり、

$$h(i, j) = 4 \cdot x(i, j) - \{x(i-1, j) + x(i+1, j) + x(i, j-1) + x(i, j+1)\} \quad (3)$$

で示されるラプラシアンフィルタが用いられる。また λ は定数であり、この λ の設定により強調度合いを変化させることができる。図4にUM処理の例を示す。



図4

1.1.3 雑音の強調を抑制した強調処理

デジタルカメラの場合CCDの暗電流や熱雑音の影響による雑音が画像に重畳する。雑音が重畳したまま強調処理を行うと雑音成分まで強調されてしまい、良好な画像であるとは言えない。このため雑音の影響がある画像に対しては予め雑音除去を行った後に強調処理を行うことが一般的に行われるが、雑音除去処理は前節で説明したように低域通過フィルタが基本であり、画像をぼけさせる原因となる。よって、劣化した画像に対して強調処理を行うことは好ましいものではない。そこで、UM処理を拡張し、雑音は強調せずエッジや細部のみを強調する方法に2のサブ領域間で微分を求める方法³¹⁾と Cubic UM 処理法³²⁾がある。

1.1.3.1 領域を用いた UM 処理

通常高周波数成分は2つの画素間の微分を求めることによって得られる。ここで2つの画素ではなく、2つの小さな領域(サブ領域)の平均を求め、その領域間の微分によって高周波数成分を得る。雑音はサブ領域内で平均化されるため、結果として雑音の影響を低減することが可能となるわけである。図5にこのサブ領域について示す。

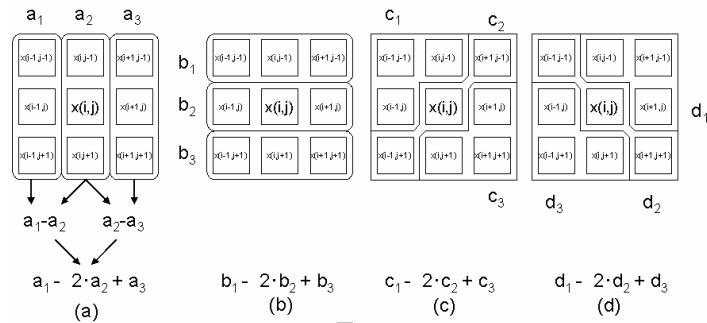


図5

図5の a_i, b_i, c_i, d_i は各サブ領域内の平均値であり，各領域間の微分は差分によって表現される．
 図5 (a) は左右各領域間の微分であり，同様にして図5 (b)では上下領域間の微分を求める．この結果として高周波数成分 h はそれぞれ以下のように求められる．

$$h = \frac{1}{3} \cdot \begin{bmatrix} 2 & -1 & 2 \\ -1 & -4 & -1 \\ 2 & -1 & 2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

式4の高周波数成分を用いた強調処理は

$$h = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} - \frac{1}{3} \cdot \begin{bmatrix} 2 & -1 & 2 \\ -1 & -4 & -1 \\ 2 & -1 & 2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \cdot \begin{bmatrix} -2 & 1 & -2 \\ 1 & 7 & 1 \\ -2 & 1 & -2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

のように求められる．

1.1.3.2 Cubic UM 処理

雑音の影響を低減したもう一つの強調処理法である Cubic UM 処理法³²⁾は

$$y(i, j) = x(i, j) + \lambda \cdot F\{h(i, j) \cdot e(i, j)\} \quad (6)$$

のように強調結果が与えられる．ここで， $F[\]$ は飽和型関数であり，その出力は

$$F[x] = \begin{cases} T & \text{if } x > T \\ x & \text{if } -T \leq x \leq T \\ -T & \text{if } x < -T \end{cases} \quad (7)$$

で与えられる．これを図示すると図6のようになる．

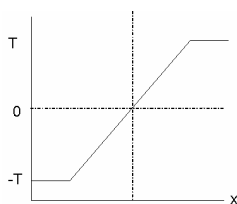


図6

また， $h(i, j)$ は高周波数成分情報であり，式3で与えられ， $e(i, j)$ は処理点がエッジか否かを判断するための情報であり，以下の様に多項式フィルタを用いて算出される．

$$e(i, j) = \{x(i-1, j) - x(i+1, j)\}^2 + \{x(i, j-1) - x(i, j+1)\}^2 \quad (8)$$

式8によって差分値を二乗することにより，差分が大きなエッジや細

部信号は相対的に強められ、雑音などの差分が小さな信号は相対的に弱められることになる。よって、雑音の分布が比較的短い信号分布である場合にはエッジと雑音が分離可能であり、エッジのみを強調することができることになる。図7(a)は $\sigma = 20$ のガウス性雑音が重畳した画像であり、図7(b)は UM 処理の結果を、(c)は領域間の差分を用いた強調処理を、(d) は Cubic UM 処理の結果である。図7から分かるように、領域間の差分を用いた方法、及び Cubic UM 処理は雑音の強調を抑え、エッジや細部の強調がなされている。さらにそれを分かり易い様に強調処理画像に対して微分法によるエッジ検出を行った画像を図8に示す。図8からわかるようにUM処理は雑音に埋もれているが、領域UM処理及び Cubic UM 処理は平坦部の雑音の強調を抑えつつ、エッジ部分のみが抽出されていることがわかる。

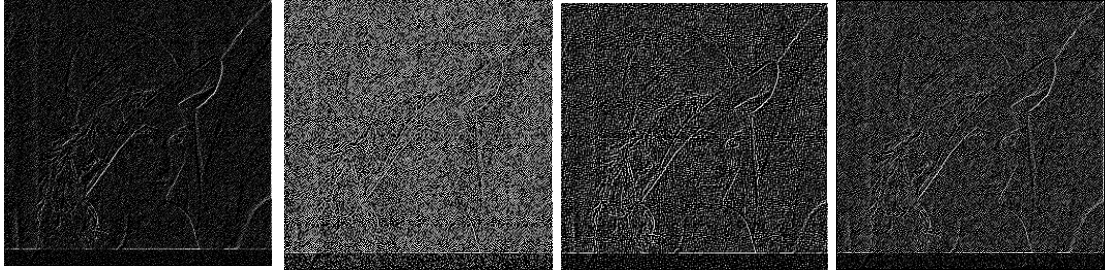
1.1.4 Fuzzy UM 処理

雑音が重畳された画像の場合、UM 処理に代表される線形シフト不変型処理の場合には対処できず、雑音までも強調させてしまう。よって、Cubic UM 処理のような非線形な処理が必要となる。さらに Cubic UM 処理を拡張し、Fuzzy 推論によって雑音とエッジ・細部信号の分離の性能を向上させた方法がある³³⁾。これは cubic UM で用いられたエッジ情報 $e(i,j)$ と高周波数情報 $h(i,j)$ の2つの情報の関係をファジールールで記述することでより適切に関連付けることを可能としている。図9に Fuzzy UM の処理結果を示すが、処理画像及びエッジ抽出画像からも図8の領域 UM 処理や Cubic UM 処理にくらべ、平坦部における雑音の抑制、そしてエッジ部の抽出に優れていることがわかる。また、Wavelet 変換を用いて多重スケールを実現し、エッジ情報をスケール間推移を利用することで、エッジか否かの判断の性能をより向上させた方法がある³⁴⁾。これらの方法は Cubic UM より雑音を抑制した強調が可能であるが、アルゴリズムは複雑となってしまうため、高速なハードウェアが要求されることになる。これらについては文献33、34を参照されたい。



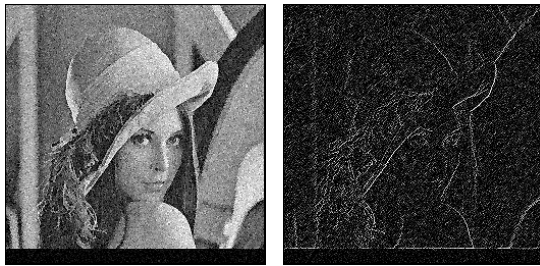
(a) 雑音重畳画像 ($\sigma = 20$) (b) UM 処理 (c)領域 UM (d) Cubic UM

図7 強調処理結果



(a) 雑音重畳画像 ($\sigma=20$) (b) UM 処理 (c) 領域 UM (d) Cubic UM

図 8 強調処理結果 (エッジ抽出画像)



(a) Fuzzy UM (b) Fuzzy UM (エッジ抽出)

図 9 Fuzzy UM 処理結果