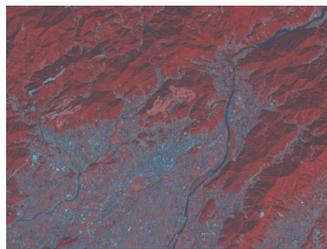


画像の濃度変換

1 画像の統計量

画像は輝度情報の集まりであるが、その輝度情報は統計量で表すことができる。下図の左は衛星画像の原画像を示したもので、非常に暗い画像である。それに対して、濃度変換を施し、明るい画像にしたものが右の画像である。画像の濃度変換は、このように画像の明るさを関数を利用して変化させることである。その関数を設定するのに、画像の統計量を確認ことは非常に重要である。

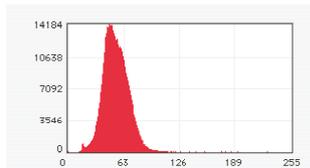


原画像

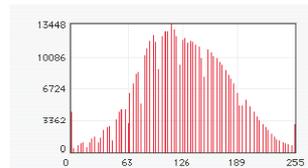


濃度変換後

下図は、上の画像における輝度値のヒストグラムを示したものである。ヒストグラムの横軸は輝度値を示し、0～255の範囲である。255に近いほど明るい状態である。原画像のヒストグラムは、平均が約54であり、暗い輝度値に偏っていることが解る。それに対して、濃度変換を施した画像のヒストグラムにおいては、平均が約129であり、輝度が0～255にまんべんなく分布している。



原画像のヒストグラム



濃度変換後のヒストグラム

標準偏差を見ても、原画像の標準偏差が13.5なのに対して、濃度変換後の標準偏差は49.9となり、非常に広く分布していることが、数値からも読み取れる。

2 リニアストレッチ

明るさやコントラストの調節は、原画像の各画素の輝度を変更することに他ならない。この輝度値を変更する手法は数々あるが、もっとも簡単な手法は、線形変換 (Linear Stretch) である。原画像の輝度値を P 、一次変換によって得られる輝度値を Q とすると、次式で表すことができる。

$$Q = aP + b \quad (1)$$

ここで、 a, b は変換係数を表す。一般に a はゲイン、 b はオフセットと呼ばれるが、ゲインによっ

てコントラストが、オフセットによって明るさが調節される。つまり画像の統計量において、ゲインは分布の幅（標準偏差）が調整され、オフセットは平均値が調整される。

Photoshop などのフォトタッチソフトウェアにおいて、明るさやコントラストの調節は、目視による適当な調節で実現されるが、大量の画像を一度に処理をする場合において、ゲインやオフセットの値を自動的に決定することは重要である。ゲインは統計量の分布幅を調節することから、原画像における輝度の最小値が P_{min} 、最大値が P_{max} のとき、変換によって Q_{min} 、 Q_{max} にしたいとき、次式によってゲインを決定できる。

$$a = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{P_{max} - P_{min}} \quad (2)$$

オフセットは、原画像の最小値にゲインをかけたとき、それが変換後の最小値になるように設定する必要があるため、次式で表される。

$$b = Q_{min} - aP_{min} = \frac{Q_{min}P_{max} - Q_{max}P_{min}}{P_{max} - P_{min}} \quad (3)$$

ここで、コンピュータに表示させるときは、 $Q_{min} = 0$ 、 $Q_{max} = 255$ の値を代入することになる。また、 P_{min} 、 P_{max} は、統計量の値をそのまま代入してもかまわないが、輝度の低いノイズや高いノイズ等を含む画像の場合は、ノイズを考慮して設定しなければならない。したがって、ヒストグラムの両端何パーセントかをカットして、 P_{min} 、 P_{max} を決定する場合もある。

また、平均値と標準偏差を用いてゲインとオフセットを設定する方法もある。ゲインは、分布の幅に影響するので標準偏差の比を用いることができる。つまり、原画像の標準偏差を P_{std} 、変換後の標準偏差を Q_{std} とすると、ゲインは次式で表される。

$$a = \frac{Q_{std}}{P_{std}} \quad (4)$$

オフセットは、平均値を用いる。原画像の平均値を P_{ave} 、変換後の平均値を Q_{ave} とすると、オフセットは次式で表される。

$$b = Q_{ave} - aP_{ave} = \frac{Q_{ave}P_{std} - Q_{std}P_{ave}}{P_{std}} \quad (5)$$

この手法は、画像の統計量が正規分布に近い場合に有効であり、特にいくつかの画像において統計量を一致させたいときに利用できる。

カラー画像を対象とする場合、RGB それぞれに対して線形変換を行う方法と、RGB をまとめて線形変換を行う方法とがある。RGB それぞれに対して線形変換を行う場合は、カラーバランスが崩れてしまうので、注意が必要である。人工衛星画像など、人間の目に見えない光をカラー合成する場合に適用される。

原画像の P_{min} 、 P_{max} の差が非常に小さくコントラストの非常に低い画像は、この処理によってコントラストを高くすることは出来るが、もともと差が小さいのでそれを引き伸ばしても諧調が大きくなる訳ではない。諧調すなわち色数はそのまま、単に明暗の差が大きくなるに過ぎない。前節において、濃度変換を施した後のヒストグラムを見ても解るように、ヒストグラムが飛び飛びの状態、輝度値のない部分が発生してしまう。したがって、濃度変換に頼るよりも如何に質の良い原画像を取得するかが重要である。

3 ヒストグラム平滑化

線形変換の他に，原画像の統計量のヒストグラムを平坦にさせる変換も存在する．これはヒストグラム平滑化 (Histogram Equalization) とも呼ばれている．変換後のヒストグラムを設定し，一様分布になるよう変換する．このとき，変換後のヒストグラムの階級数 M は，原画像のヒストグラムの階級数 N よりも少なくなければ，平滑化は困難である．設定が完了すれば，輝度値の小さいもの P_0 から順に平滑化の目標となる頻度まで，最も小さい階級 Q_0 のヒストグラムに入れ込んでいく．目標となる頻度は，全画素数を M で除したものとなる．目標の頻度に達すれば，次の階級 Q_1 に移り，同様に目標の頻度まで加算していく．このような過程によってヒストグラム平滑化が実行できる．