

ウェーブレット変換による画像特徴量の空間解像度依存性の評価

尾崎敬二[†]国際基督教大学[†]

1. はじめに

近年の高解像度地球観測衛星データによる地表面の環境情報の取得に伴い、従来の低解像度センサによるデータによる環境情報の間の差異を検討評価する必要性が生じている。空間解像度が高くなると、今までは単一の物体の一群としてグループ化されていた領域が、種々の異なる物体の混成であることが判明する。また、太陽光の影の影響も大きい。しかし、ある程度広い範囲の地域の特徴を抽出する要請もある。高解像度画像から全体的な特徴を抽出するためには、低解像度化を行った画像を用いると都合が良い。相補的に異なる解像度センサの画像を融合して、特徴を求める要請もある。このような場合に低解像度化を可逆的に行える方法として、離散ウェーブレット変換が注目されている。

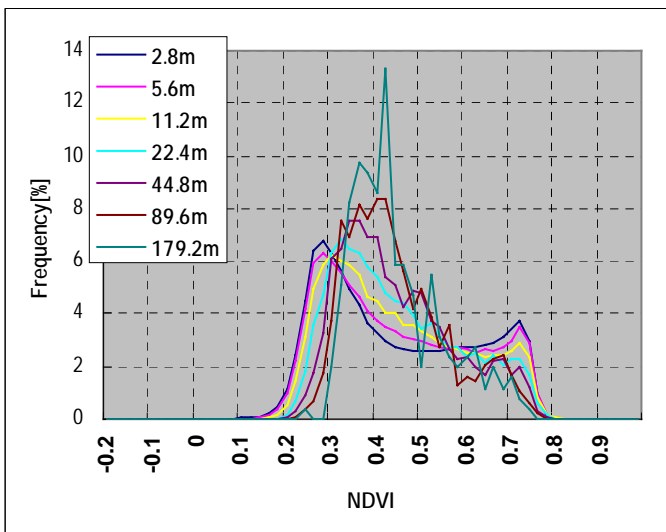


図1 多重解像度解析による植生指数値の頻度分布曲線の空間解像度依存性

図1は、現在の商用地球観測衛星として最大の空間解像度を有する QuickBird の画像から Daubechies8 次のウェーブレットを用い解像度を6段階変化させた場合の画像が示す植生指数値の頻度分布を求めたものである。低解像度化に伴い、頻度分布曲線の滑らかさが失われ、大きく変動していることがわかる。2つの山の特徴が

低解像度化により一つの山に変化して行く様子が見られる。ウェーブレット母関数の違いによる近似曲線の比較を図2に示す。左から Daubechies 4次, 8次, そして Haar である。元のデジタル信号に対して、全体的に平均値に近いのは中央である。しかし、このウェーブレットの演算には、時間がかかることや、デジタル画像処理においては Haar ウェーブレットがその波形の特徴から適していると言われ、今回は、Haar ウェーブレット変換による低解像度化を用いて、画像特徴量が空間解像度に対し、どのような依存性を示すかを評価した。



図2 Daubechies と Haar ウェーブレット変換例

2. 最近隣法と Haar ウェーブレット変換

従来からリモートセンシングにおいては、画素の持つ数値を可能な限り保持するために、画像の大きさを変化させる場合に、「最近隣法」を用いている。この他に「共一次法」、「3次たたみ込み法」がある。今回は、「最近隣法」

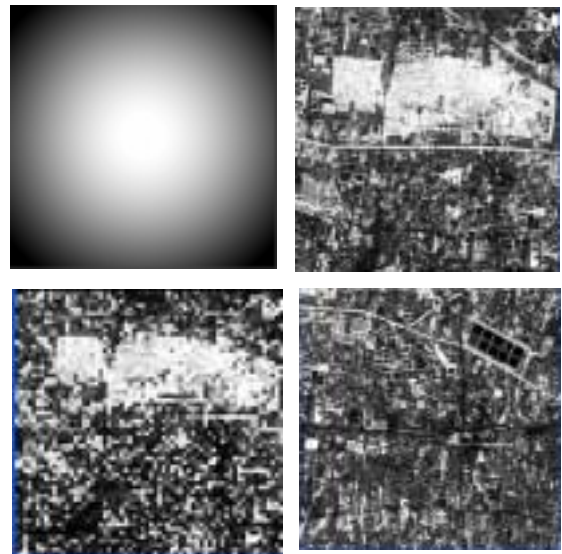


図3 左上は b) ガウス点像分布関数、右上は c) 植生豊かな地域、左下は c) を低解像度化した画像 (64×64 の拡大)、右下は d) 市街地域の衛星画像 (解像度 2.8m)

を比較のために用いた。テスト画像は、1024 × 1024 のグレースケール画像 4 種類である。a) 正規分布乱数画像 b) ガウス点像分布関数 c) 植生の多い地域の QuickBird 画像 d) 植生の少ない地域の QuickBird 画像の内、a) を除く 3 種類の画像を図 3 に示す。QuickBird データは東京武蔵野地域上空およそ 450km より 2003 年 9 月 3 日の午前 10 時 30 分頃に取得されたものである。4 種類の画像に対し、1024 × 1024 から順次、512, 256, 128, 64 の 1 辺の画素数に低解像化を行う。Haar ウェーブレット変換は、すべて倍精度データに変換して計算を実行している。テスト画像 c), d) は、衛星データの赤バンドと近赤外バンドから求めた正規化差分植生指数の値の分布図で、この指数値は -1.0 から +1.0 の範囲にある。

3. 結果と考察

図 4 に正規分布乱数のテスト画像 a) をのぞい

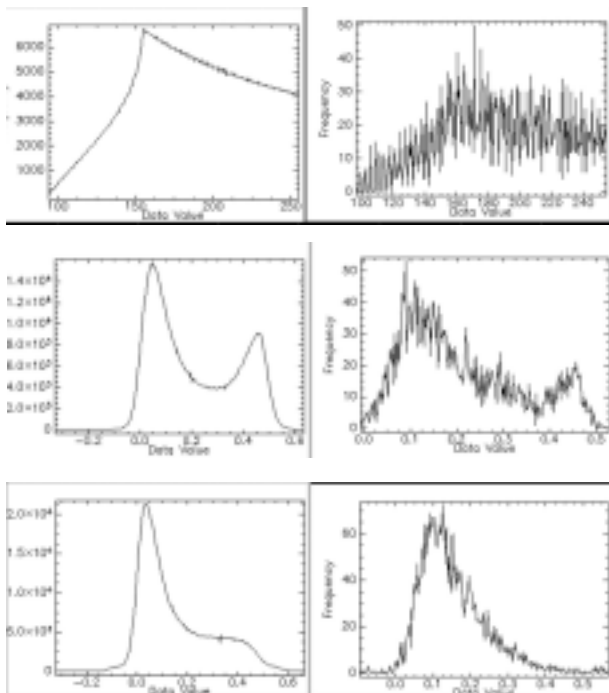


図 4 テスト画像 b), c), d) の頻度分布図。左が最高解像度、右が最低解像度の場合。

た b), c), d) の頻度分布図を比較している。左列は、1 辺が 1024 画素の最高解像度の場合で、右列は 1 辺が 64 画素の最低解像度の場合を示す。c) の場合は、山が 2 つあり、植生の豊かな地域であることは、植生指数値が 0.5 あたりに山を示していることでわかる。図 1 とほぼ、同様な地域といえる。図 4 の場合は Haar ウェーブレットによって低解像度化を実施した。最近隣法による低解像度化も 1 辺が 1024 画素から 64 画素までのすべての計算を行い、統計量を求めて、特徴量を比較している。一次統計量で画像の特

徴を推定することが可能であるので、図 5 に最近隣法、図 6 に Haar ウェーブレット変換による

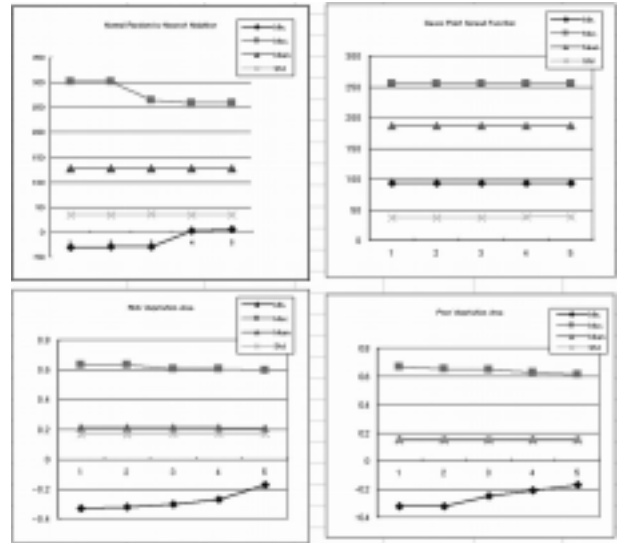


図 5 最近隣法による統計量の空間解像度依存性：左上がテスト画像 a)、右上は b)、左下が c) 右下が d) に対応。

空間解像度依存性を求めた結果を示す。

5 つの解像度ごとに画素の最小値、最大値、平均値、そして標準偏差を求めて、空間解像度による変化を求めたものである。大きな差異が見られるのは、乱数のテスト画像 a) の場合である。また、全体に、最近隣法は、統計量の空間解像度依存性が低いことが示されている。植生指数値の分布は、Haar ウェーブレット変換によると、衛星のセンサ解像度により変動し、低解像度になると分布範囲が狭くなることが示されている。

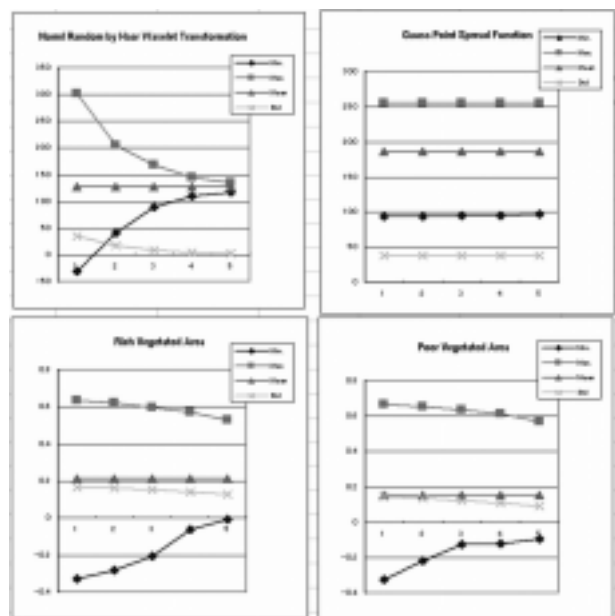


図 6 Haar ウェーブレット変換による統計量の空間解像度依存性：テスト画像の対応は図 5 と同様。