

重み付きラプラシアンを用いた高周波成分推定に基づく画像拡大

学籍番号：90193058 飯國研究室 清水真之

1. はじめに

デジタル画像の拡大において、双3次補間法等、sinc関数による補間を近似するデジタル画像の拡大法では、原画像に含まれていない高周波成分を再現することができない。これを解決するために、ラプラシアンピラミッドに基づく画像拡大手法が提案されている。この手法は簡単な手続きでありながら、ピラミッド構造に基づく高周波成分の推定により鮮明な拡大画像を得ることができる優れた手法である。

しかしながら雑音重畳画像に対しては、不要な雑音を強調が発生してしまう。そこで本稿では、重み付きラプラシアンの導入により雑音耐性を持たせた画像拡大手法を提案する。

2. ラプラシアンピラミッドに基づく画像拡大

ラプラシアンピラミッドとはデジタル画像の多重解像度表現の1つであり、次式によって定義されるラプラシアン画像列 L_n である。

$$G_{n+1} = DS(W_g * G_n) \quad (1)$$

$$L_n = G_n - EXPAND(G_{n+1}) \quad (2)$$

$$EXPAND(G_{n+1}) = 4 \times (W_g * US(G_{n+1})) \quad (3)$$

ここで DS, US, W_g はそれぞれダウンサンプリング、アップサンプリング、ガウシアンフィルタを示し、“*” は畳み込み演算を示す。

このピラミッド表現によるとその定義式より明かである通り、高解像度ラプラシアン L_n を用いることで、低解像度画像 G_{n+1} から高解像度画像 G_n を復元することが可能である。この復元過程を入力画像 G_0 に対して適用すれば、未知の高解像度ラプラシアン L_{-1} が分かれば高解像度画像 G_{-1} が得られる。

Greenspanらはラプラシアンピラミッドの階層間に相関が見られることを利用し、次式によって L_0 から L_{-1} を推定する手続きを提案している。

$$L_{-1} = \hat{L}_{-1} - W_g * \hat{L}_{-1} \quad (4)$$

$$\hat{L}_{-1} = s \times BOUND(EXPAND(L_0)) \quad (5)$$

$$BOUND(x) = \begin{cases} T & \text{if } x \leq T \\ x & \text{if } -T < x < T \\ -T & \text{if } x \leq -T \end{cases} \quad (6)$$

s, T は任意のパラメータを表す。

3. 重み付きラプラシアンへの拡張

ラプラシアンピラミッドに基づく拡大手法は、雑音重畳画像に対しては雑音の強調が発生する。そこで、 L_{-1} を推定する元となるラプラシアン L_0 に重み関数を乗じ、雑音を抑制した重み付きラプラシアンへと拡張することで、拡大画像に発生する雑音の強調を抑える手法を提案する。重み関数は入力画像のウェーブレット変換により得られる複数のエッジの線形和により定義する。

$$W(x, y) = \sum_{n=0}^N \lambda_{0,n} |M_1 f(x, y)|^{p_n} + \lambda_{1,n} |M_2 f(x, y)|^{p_n} + \lambda_{2,n} |Cf(x, y)|^{p_n} \quad (7)$$

$M_1 f, M_2 f, Cf$ はそれぞれスケール1, 2のエッジとスケール間積によるエッジを表し、 $\lambda_{m,n}$ は各項のパラメータを表す。これらのエッジ項はそれぞれ、含まれる雑音成分の量やエッジの細かさなどといった性質が異なり、そのパラメータの組合せを最適化することで、様々な画像に対応することが可能となる。

パラメータの最適化は、重み付きラプラシアンを入力ラプラシアンへ逐次近似することで決定する。

$$d_0 = L_0 \quad (8)$$

$$\lambda_n = \langle d_n, E_n \cdot L_0 \rangle / \|E_n \cdot L_0\|^2 \quad (9)$$

$$d_{n+1} = d_n - \lambda_n E_n \cdot L_0 \quad (10)$$

$E_0, \dots, E_n, \lambda_0, \dots, \lambda_n$ は各エッジ項を雑音成分の少ない順に並べたもの、およびその対応するパラメータを表す。

4. 適用結果

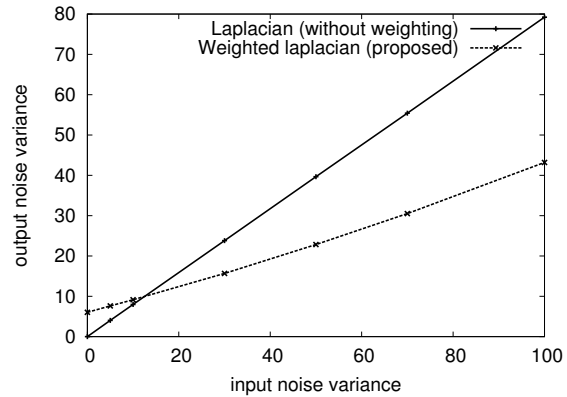


図 1: 重み付きラプラシアンと雑音なしラプラシアンの MSE



図 2: 従来法 (雑音分散 100)



図 3: 提案法 (雑音分散 100)

5. まとめ

ラプラシアンピラミッドに基づく画像拡大手法について、重み付きラプラシアンを用いることで、雑音耐性を持たせる拡大手法を提案した。これにより、雑音重畳画像に対しては雑音の強調を抑制できることが確認できた。また、雑音がない画像については若干ボケが発生するものの、従来手法と比べても劣化が殆んど知覚出来ない画像が得られることを確認した。