

エッジ特性を考慮したハイブリッド画像内挿手法

Hybrid Edge Directed Interpolation for Images

佐藤徹平†
Teppei SATO

村上仁己†
Hitomi MURAKAMI

小池淳†
Atsushi KOIKE

1. はじめに

低解像画像から高解像画像を生成する、いわゆる超解像度技術は、デジタル画像処理技術の分野の中で現在最も注目されている技術の一つである[1-3]。超解像度を実現するための手法の一つにフレーム内の画素間の相関を利用する手法が提案されている[1]。この手法(New Edge-Directed Interpolation(NEDI))では、画像内のエッジ付近において内挿する画素を周囲との位置関係から、画素間の共分散を用いて予測する手法である。

しかしながら、内挿のため予測係数やウィンドウサイズがエッジの空間的なスケール(強度)を考慮していないため、必ずしも満足できる画像品質を達成していない。本論文では、エッジ部における空間的な強度を考慮したフレーム内超解像手法を提案する。画像内におけるエッジ部を検出し、そのエッジ強度に基づいて内挿のためのウィンドウサイズと予測係数をハイブリッドに組み合わせ、内挿予測を行う。シミュレーション実験を行い、提案手法の有効性を示す。

2. NEDI

この手法では、低解像画像 $X_{i,j}$ から高解像画像 $Y_{2i,2j}$ を生成するにあたり、高解像画像における画素の共分散 R_{kl} 、 r_k と、低解像画像におけるそれ \hat{R}_{kl} 、 \hat{r}_k が、幾何学的対称性から近似できるとし、内挿したい画素を低解像画像の共分散から予測し内挿する。図1に内挿画素とその周囲の画素との関係を示す。

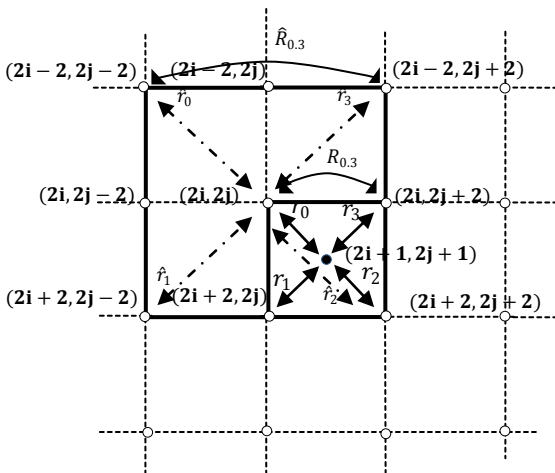


図1 幾何学的対称性

† 成蹊大学大学院理工学研究科

はじめに低解像画像 $X_{i,j}$ を、エッジ部とそうではない部分とに判別する。注目画素とその4近傍の画素から求めた分散が設けた閾値を超えた場合にその注目画素をエッジとみなす。

エッジ部とみなされた領域では、まず画素 $Y_{2i+1,2j+1}$ を以下の式(1)により線形補間をする。

$$Y_{2i+1,2j+1} = \sum_{k=0}^1 \sum_{l=0}^1 \alpha_{2k+1} Y_{2(i+k), 2(j+l)} \quad (1)$$

ここで、 α は内挿する画素 $Y_{2i+1,2j+1}$ から見た、対角線方向の4近傍の画素の情報をどのように重み付けするか決定する 1×4 のマトリクスである。

ベクトル α は以下の式より、低解像画像の共分散から決定される。

$$\vec{\alpha} = (C^T C)^{-1} (C^T \vec{y}) \quad (2)$$

ここで、 $\vec{y} = [y_1 \dots y_k \dots y_{M^2}]^T$ は、 $M \times M$ 個の画素から成るローカルウィンドウ内の画素の輝度情報を集約したデータベクトルである。 C は $4 \times M^2$ のデータマトリクスであり、 k 列目は y_k から見た対角方向の4近傍の画素の輝度値である。

エッジと判別されなかった部分では、 α は4つすべての要素に1/4が代入され、ファーストステップでは対角方向の4近傍と、セカンドステップでは通常の4近傍との間でバイリニア補間される。

この手法では、検出されたエッジの種類、強度、方向などの特性に関わらず、画像全体に対して同じローカルウィンドウサイズを用いて内挿しているため、1枚の画像の中に複数種類のエッジがあった場合に、画素を内挿するとき不必要な画素の情報を用いている場合や、反対に必要な画素の情報を考慮せずに内挿する場合が考えられる。

また、エッジ検出の際に4近傍との共分散を用いており、低解像画像におけるノイズや、人の見た目ではエッジと判断しないような画素も、エッジとみなされてしまう可能性がある。このため、内挿画素にノイズや歪が混入される可能性が考えられる。

3. 提案手法

今回我々が提案する手法は、NEDIをベースに、画素の内挿時にそのエッジ特性(強度)を利用して、エッジ付近の内挿に必要な十分な画素の情報のみを使用する。その結果、従来のNEDI手法よりも精度の高い内挿を可能とする。

まずエッジ検出の手法にCanny手法を用い、分散を用いた手法よりも、より人の見た目と判断できるエッジを検出

する。そして、Canny 手法において使用する閾値を変更することで、エッジの強度を同時に検出し、その強度により内挿予測において用いるウィンドウサイズを変更する。エッジの強度が強いときにはウィンドウサイズを小さくし、弱い時にはウィンドウサイズを大きくする。さらに、エッジが強いときには共分散に基づく内挿を適用する範囲も検出されたエッジの位置から近い部分のみにし、反対に弱いときには広い範囲にする(図2)。これでより必要十分な画素を使った内挿が可能となり、処理時間の短縮の効果も得る。

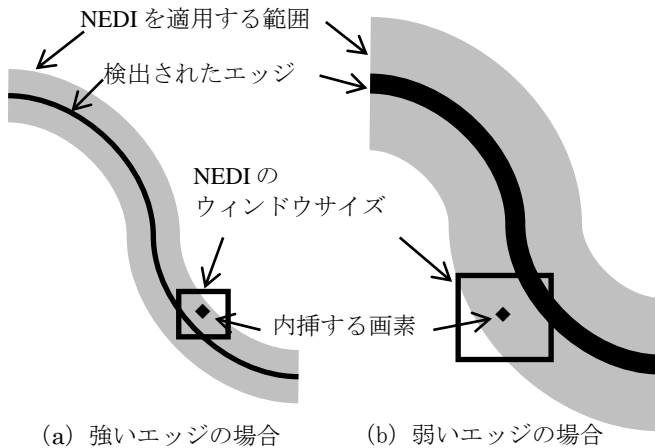


図2 提案手法の概略図

また、エッジ部以外では、内挿後の画像によりノイズや歪が少なくなるよう、8近傍のバイリニア補間をし、その際に低解像度画像の画素の重みづけを大きくすることで、内挿エラーを少なくする。

4. 実験結果

提案手法の有効性を検証することを目的に実画像を用いたシミュレーション実験を行った。567×380の解像度のYCbCrのカラー画像で、Y成分(輝度)のみを実験に用いた。1画素は8ビットである。プログラムの作成にはコンピュータビジョンライブラリ OpenCV (Ver.2.0) を一部使用した。



(a) 従来手法



(b) 提案手法

図3 内挿画像

図3に、従来手法(NEDI)と提案手法による内挿処理した画像を示す。内挿後の画像の一部を拡大して表示させている。提案手法では、強いエッジ部分での内挿には小さなウィンドウサイズを使用しているため、エッジ付近におけるノイズが減少していることが見て取れる。

また従来手法と比べて、輝度の変化が緩やかなグラデーション部分では、より自然な変化になっていることも確認できる。これは、従来手法ではエッジとして判別されており、画素間の共分散による内挿を適用しているため、提案手法ではエッジとして判別されず、バイリニア補間を適用しているからである。その結果、提案手法の方がより自然に内挿できたものと考えられる。

5. むすび

本論文では、エッジ部における空間的な強度を考慮したフレーム内超解像手法を提案した。画像内におけるエッジ部を検出し、そのエッジ強度に基づいて内挿のためのウィンドウサイズと予測係数をハイブリッドに組み合わせ、内挿予測を行った。シミュレーション実験を行い、提案手法が従来手法に比べて、内挿画像の品質が改善されることを示した。本内挿実験では、Canny 手法によるエッジ検出の際の閾値の設定と内挿予測のためのウィンドウサイズの設定を画像毎にマニュアルで行った。

今後の予定としては、ウィンドウサイズの設定のための閾値などのパラメータの自動設定や、エッジ方向に基づいた方向別のウィンドウ設定などを進める予定である。また、エッジ部以外の平坦部における内挿方法についても、バイリニア手法以外の手法についての検討も予定している。

(参考文献)

- [1] X. Li, M. T. Orchard. "New Edge-Directed Interpolation", IEEE Trans. on ImageProcessing, 10:1521-1527, 2001.
- [2] Wing-Shan Tam, Chi-WahKok, Wan-Chi Siu "Modified edge-directed interpolation for images", Journal of Electronic Imaging 19(1), 013011 (Jan-Mar 2010)
- [3] 齊藤隆弘: "サンプリング定理の壁を打ち破る1枚の画像からの超解像度オーバーサンプリング", 映像情報メディア学会誌, 62, 2, pp.181-189 (2008)