

B スプライン補間を用いた画像拡大法の改善 An improved image enlarging method using B-spline interpolation

江上 勝大
Katsuhiko Egami

本田 郁二
Ikuji Honda

1. 序論

近年、画像を扱う分野の発展、フォトレタッチソフト等の発達、テレビの高解像度化および印刷技術の向上により、既存の映像資料の高解像度変換、低解像度画像を高精細化する高度な技術は今後ますます必要になっていく。本論文ではそのような画像技術の中でも特に加藤等の提案した B スプライン補間を用いた画像拡大法に注目し、より高精細な拡大画像を作成できる手法への改良を目的としている。

2. 従来法

2.1 拡大画像の画質

デジタル画像の拡大時の画質を決める要素として、コントラストとジャギーが挙げられる。例えばニアレストネイバー法での画像拡大ではエッジ付近にジャギーが発生してしまい、バイリニア或いはバイキュービックでは画像全体がぼけてコントラストが低くなってしまふ。このように、人間の目で区別しにくい濃淡の差を区別できるようにコントラストを変換し、なおかつエッジ付近にジャギーの見られない拡大画像の作成が画像拡大法における一つの命題となっている。従来法である B スプライン補間を用いた画像拡大法では、コントラストを保持するための輝度値変換、さらに B スプライン曲面パッチ上で補間を行うことでジャギーを抑制しており、本来トレードオフの関係である"コントラストの保存"と"ジャギーの抑制"の両立がなされている。

2.2 B スプラインを用いた画像拡大法

B スプライン補間を用いた画像拡大法は以下のような手順で行う。

2.2.1 中間画像の変換

次節の既存画素値の変換には隣接画素同士を直線で結んだ中点が必要となる(この点を基底 pixel とよぶことにする)。基底 pixel を含む中間画像を生成する。注目画素値とその 8 近傍の画素値をそれぞれ直線で結び、その中点を基底 pixel とする。原画像のすべての基底 pixel を決定し、中間画像を求める。さらに各画素の 8 近傍の基底 pixel で囲まれた正方形の領域を"有効領域"と呼ぶことにする。各画素は、光センサによりセンシングされた光のエネルギーと同等のエネルギーを持っていると考えることができるので、各画素が持つエネルギーは、その画素の有効領域を底面とし、画素の値を高さとした直方体の体積で表せる。コントラストの良好な拡大画像を得るには、原画像の固有のエネルギーを保存して拡大することが望まれる。

2.2.2 既存画素値の変換

画像拡大の前に、画素のエネルギーを保存するように既存画素値を変換することで、コントラストを強調し、エネルギーの拡散を防ぐことを考える。各既存画素において、図 1 のように 8 つの基底 pixel 値を変化させずに既存画素値を上下に変化させる。この時、エネルギーを表す変換前の四角柱と、変換後の鉛筆の先端部分のような体積が等しくなるように既存画素を変換する。この処理によってエネルギーを保存しつつ、既存画素値間の差を広げ、エッジ強調を行い、コントラストの強い画像を得ることが出来る。

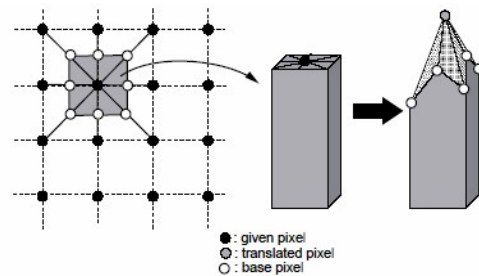


図1 既存画素値変換

2.2.3 CP の決定

各画素から、8 近傍の画素との間に局所的な輝度値変化をよく表す 3 次 B スプライン曲線を設定する。全画素においてその有効領域を作る各基底 pixel 上に B スプライン曲線の決定に必要なコントロールポイント(CP)を置き、それを挟む画素の輝度値から次式を用いて CP の値を決定する。

$$\left| \frac{2CP - a - b}{a - b} \right| = \frac{|a - b|}{255}$$

結果的に一つの基底 pixel 上に 2 つの CP が配置され、その特性から画素間の輝度値差が大きい箇所ではエッジ状に変化し、輝度値差の小さい箇所では滑らかに変化する B スプライン曲線が形成される。

2.2.4 B スプライン曲面の適用

隣り合う 4 画素に注目し、この 4 つの輝度値とその間に配置された 12 個の CP の値を用いて 1 つの B スプライン曲面を作る。そして、その曲面上に補間画素を挿入する。

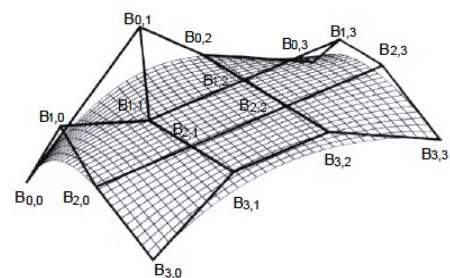
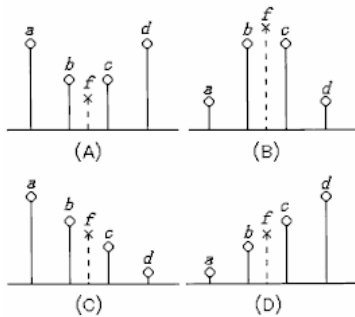


図2 B スプライン曲面

この手法により拡大した画像は、原画像のエネルギーをほぼ保存し、かつ滑らかに画素が補間されたものになり、“コントラストの保存”と“ジャギーの抑制”を良好に両立させたものになる。しかし、この拡大法によってできる画像は画素間輝度差が 255 に近いほどエッジ強調の効果が表れるが、自然画像では一般的にエッジの画素間輝度差がそれほど大きくない場合もある。そこでエッジを効率的に強調できるような方法が課題となっている。

3. 提案法

B スプライン曲面を用いた画像拡大法では、CP として注目画素と隣接画素値との差における中間点をとっているが、これでは拡大化に際してステップエッジのみを直目しているに過ぎず、細部信号等の拡大化に対する検討が不十分である。また、下図のように補間を行う際、輝度値を山形や谷形にしたい場合でも、前後の画素しか考慮できない従来法では平均値に補間されてしまう。これらの問題の解決するため、本論文では田口等が提案したファジールールに基づく補間法を利用して前述の従来法の改良を行う。



3.1 ファジー推論を用いた画像の補間手法

田口等はある信号列において連続した 4 つのサンプル abcd を仮定し、サンプル bc 間に補間を行う場合、図のような 4 つのパターンを考慮してエッジ状の不連続性の保存と、山形、谷形信号の頂点を保存できる補間法を提案した。すなわち、補間箇所での輝度値変化がエッジ状になるか山・谷形になるかはサンプル ab 間と cd 間の輝度値差によって推測が可能である。そこで 4 つの各パターンにおいて画素補間した場合の尤もらしい画素値を設定しておく。実際にはどのパターンにどれだけ類似しているかを計算し、補間値は設定した輝度値と類似度の重み付け平均から求められる。

3.2 輝度起伏を考慮した B スプライン画像拡大法

提案法では B スプライン曲面の CP 設定に前節の補間法を適用することで従来法の問題点を改善する。具体的には既存画素値の変換を行った後、全画素間において前述したような輝度値の起伏を調べ、各基底 pixel の位置に補間を行う場合の最も適した輝度値を計算する。さらにその基底 pixel 上に平均値がその輝度値であるように 2 つの CP を配置し、これらを用いて B スプライン曲面を形成、画素補間を行う。

4. 結果

Lena(256×256 pixels, 24bits)画像に対して、水平、垂直方向ともに半分にリサイズした画像を作成した。サイズが小さくなった画像に提案法と比較対象手法である B スプラインの補間法を適用し、元のサイズに戻った画像と原画像との PSNR による評価を行った。さらに、各拡大法の計算時間を測定した。



図 3 結果比較
(上図:従来法, 下図:提案法)

数値評価	PSNR(dB)	経過時間(ms)
ニアレストネイバー	25.233	1019
バイリニア補間	25.449	1002
従来法(Bスプライン)	25.798	14500
提案法	26.116	16115

図 4 手法比較

5. 考察

従来法に比べて全てのエッジを強調し、山谷の適切な補間を可能となった。しかし原画像において輝度値の起伏が激しい箇所では起伏推定がうまく働かず、また CP 値設定が適切でないためか、輝度値変化が乏しくなってしまう。起伏推定の改善、CP 設定における重み付けの最適化が今後の課題となる。本提案法の展望としては超解像処理への応用が期待できる。

6. 参考文献

- [1]加藤徳人, 安川博, 田口亮, “B-spline 曲面を用いた画像拡大法の検討”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.104, No.402 (2004).
- [2]木村誠聡田口亮, 村田裕, “ファジールールに基づく信号細部変化を保存する補間手法”, 電子情報通信学会論文誌 A, Vol.83, No.9(2000).