

特性可変フルーエンシ DA 関数による高品質な画像拡大手法

福井 大樹* 石当 薫† 片岸 一起* 寅市 和男‡

* 筑波大学大学院システム情報工学研究科 † 筑波大学第三学群情報学類 ‡ (株) フルーエンシ研究所

1 はじめに

近年、高解像度のテレビやディスプレイの普及によって、静止画や動画を拡大して（本来よりも高い解像度で）表示させることが頻繁に必要とされている。

従来ラスタ画像の拡大には、バイキュービック [1], Lanczos[2], また我々のグループで提案したバイフルーエンシ [3] などの内挿関数を用いる手法が利用されてきた。これらの手法は単純で計算コストも比較的低いが、特にエッジ周辺においてぼけやジャギー（階段状のギザギザ）、リングング（色の滲み）が生じるといった問題がある。また、近年では、複数枚の画像を用いて高解像度の画像を得る超解像と呼ばれる手法 [4] が研究されているが、計算コスト、汎用性の問題で実用化には至っていない。

そこで本研究では、特性可変フルーエンシ DA 関数を内挿関数として用いる手法を提案する。提案手法では、画像の局所的な特性によって補間に用いる内挿関数を変化させることで実用的な演算量かつ高品質な画像の拡大が可能となった。

2 特性可変フルーエンシ DA 関数による画像拡大手法

2.1 特性可変フルーエンシ DA 関数

特性可変フルーエンシ DA 関数 ${}_{[e]}\psi_{\alpha,\beta}(t)$ は、二次の局所台フルーエンシ DA 関数 [5] を元に我々の研究グループにおいて導出された関数であり、主要項 $m(t)$, 制御項 $c_+(t)$, $c_-(t)$ 及びパラメータ α , β によって以下のように定義される。ただし、 τ は標準化間隔とする。

$${}_{[e]}\psi_{\alpha,\beta}(t) = m\left(\frac{t}{\tau}\right) + \alpha c_+\left(\frac{t}{\tau}\right) + \beta c_-\left(\frac{t}{\tau}\right) \quad (1)$$

$$m(t) = \begin{cases} 2(t+1)^2, & -1 \leq t < -\frac{1}{2} \\ -2t^2 + 1, & -\frac{1}{2} \leq t < \frac{1}{2} \\ 2(-t+1)^2, & \frac{1}{2} \leq t \leq 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$c_+(t) = \begin{cases} -t^2, & 0 \leq t < \frac{1}{2} \\ 3(-t+1)^2 + 2(t-1), & \frac{1}{2} \leq t < 1 \\ -3(t-1)^2 + 2(t-1), & 1 \leq t < \frac{3}{2} \\ (-t+2)^2, & \frac{3}{2} \leq t \leq 2 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

$$c_-(t) = c_+(-t) \quad (4)$$

この特性可変フルーエンシ DA 関数は $\alpha = \beta = -\frac{1}{4}$ のとき二次の局所台フルーエンシ DA 関数と一致する。 $\alpha = \beta$ としてパラメータを変化させた場合の、時間軸における波形を図 1 に、標準化周波数 $f_s = \frac{1}{\tau}$ とした周波数軸における振幅特性の波形を図 2 に示す。 $\alpha = \beta \leq 0$ のとき、値が小さいほど時間軸の $1 < |t| < 2$ における振幅が大きくなり、また周波数軸において高域及びナイキスト周波数以上の成分を強調する特性があることがわかる。この関数により、信号の局所的な特性に応じてインパルス応答を変化させることが可能となる。

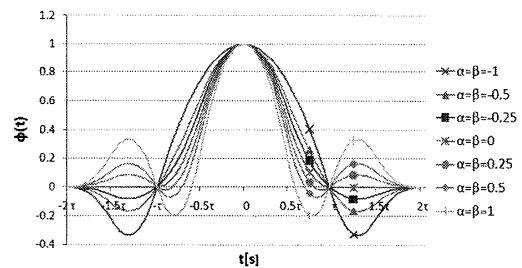


図 1: 特性可変フルーエンシ DA 関数 (時間軸)

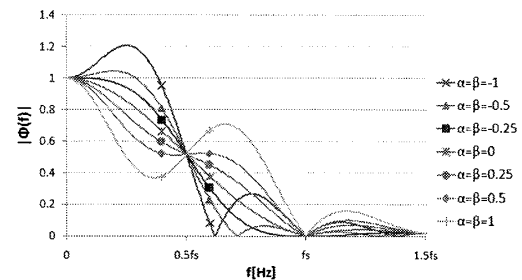


図 2: 特性可変フルーエンシ DA 関数 (周波数軸)

2.2 特性可変フルーエンシ DA 関数による画像拡大手法

提案手法では 2 変数の内挿関数を $\psi(x, y) = {}_{[e]}\psi_{\alpha_x, \beta_x}(x) \cdot {}_{[e]}\psi_{\alpha_y, \beta_y}(y)$ とし、この内挿関数を補間処理に用いる画素（補間点の周辺 16 画素）それぞれで可変として補間を

High Quality Image Enlargement by Time-variant Fluency DA Function
 * Daiki FUKUI †Kaoru ISHITO * Kazuki KATAGISHI ‡Kazu TORAICHI
 * Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba
 †College of Information Sciences, Third Cluster of Colleges, University of Tsukuba
 ‡Fluency Labs, Inc.

行うことで拡大に必要な画素の輝度を求める。このとき特性可変フルーエンシ DA 関数のパラメータと周波数特性の関係から、エッジの様に輝度の変化が急激に起こる部分ではパラメータを負の方向に小さく、変化が緩やかな部分では 0 に近い値を選ぶことによって、画像の局所的な特性を反映した補間を行うことができる。そこで、 $\alpha_x, \beta_x, \alpha_y, \beta_y$ の決定にエッジ検出フィルタである Sobel フィルタを用いる。画像の最も左上の画素を原点として、 α_x, β_x はそれぞれ補間点から見て左 (x 軸の負の向き), 右 (x 軸の正の向き) の隣接点における横方向 Sobel フィルタ出力の絶対値, また α_y, β_y はそれぞれ上 (y 軸の負の向き), 下 (y 軸の正の向き) の隣接点における縦方向 Sobel フィルタ出力の絶対値を元に決定する。また、補間に用いる 16 点の輝度の平均値を減算してから補間を行うことでオーバーシュート、アンダーシュートのバランスをとりリングングを低減する。このように拡大元画像の局所情報をもとに内挿関数を可変とすることによって、従来の内挿関数に比べ高品質な拡大画像が得られることが期待される。

3 提案手法, 従来手法による画像拡大実験

3.1 実験条件

提案手法及びバイフルーエンシを用いて、図 3(138×91 画素, 24 ビットフルカラー) の画像を縦横それぞれ 5 倍に拡大した。実験の実行環境は CPU: Intel Core 2 Duo E8400@3.00GHz, メインメモリ: 3GB である。

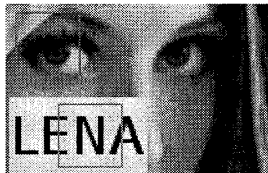


図 3: 拡大元画像

3.2 実験結果

各手法による拡大画像の、図 3 に示す赤い四角で囲まれた部分の拡大結果が図 4, 緑の四角で囲まれた部分の拡大結果が図 5 である。また拡大処理の実行時間は、10 回の実行の平均値で提案手法: 276ms, バイフルーエンシ: 79ms であった。

3.3 考察

従来のバイキュービック, バイフルーエンシ等で用いられる内挿関数では、自然画像とイラスト等の人工的な画像が混在する画像においてそれぞれの領域を共に高品質に拡大することができず、内挿関数の種類によって得意とする画像に偏りがあった。しかし提案手法では内挿関数の特性を可変とすることで自然画像領

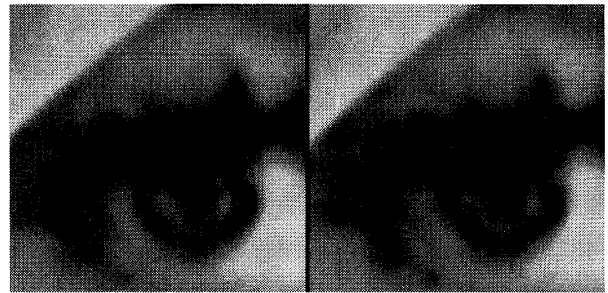


図 4: 拡大画像 1(左: 提案手法, 右: バイフルーエンシ)

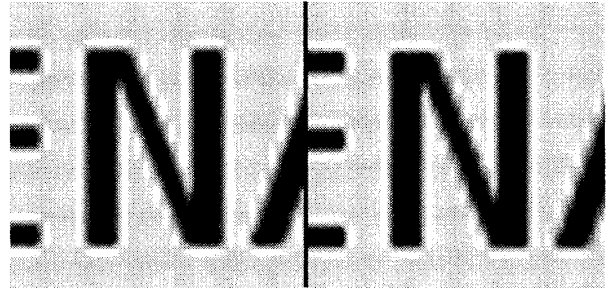


図 5: 拡大画像 2(左: 提案手法, 右: バイフルーエンシ)

域, イラスト領域の両方において、斜めのエッジにおいてもジャギーが目立たない高品質な拡大画像が得られていることがわかる。また拡大処理の実行時間は従来手法の 3 倍程度に抑えられており、並列化も容易なことから実際の映像機器への実装も可能であると考えられる。

4 おわりに

本研究では、自然画像領域, イラスト領域に対して共に従来手法に比べて高品質な画像拡大が可能である特性可変フルーエンシ DA 関数を用いた画像拡大手法を提案した。今後の課題は、パラメータ決定法の改良や効率的な実装法の提案などが挙げられる。

参考文献

- [1] S. K. Park. "Image Reconstruction by Parametric Cubic Convolution, ". Computer Vision, Graphics, and Image Processing, Academic Press, Vol.23, pp.258-272, 1983.
- [2] Ken Turkowski, "Filters for Common Resampling Tasks, " Graphics Gems I, Academic Press, 1990, pp. 147-165.
- [3] 大宮 康宏, 寅市 和男, 三浦 康之, 喜多村 守, 岡本 明, 和田 耕一, 亀山 啓輔, 諸岡 泰男: "フルーエンシ補間によるテレビ映像高精細化処理のハードウェア実装法", 映像情報メディア学会誌, 60, 7, pp.1042-1050, 2006.
- [4] S. C. Park, M. K. Park, and M. G. Kang, " Super-resolution image reconstruction: a technical overview, " IEEE Signal Processing Magazine, vol. 20, no. 3, pp. 21 - 36, May 2003.
- [5] 寅市和男, 中村浩二, Paul Wing Hing KWAN, " DVD-Audio 用二次の標本化関数, " 電学論, vol.123-C, No.5, pp.928-937, May 2003.