4M－5

# 適応的な標本化関数による高品質な画像拡大

大平雅和*，森浩一*，和田耕一**，寅市和男**
*筑波大学工学研究科電子・情報工学専攻
**筑波大学電子・情報工学系

## 1. はじめに

今日，ディジタル画像の用途は大きく広がり，これを加工するための画像処理技術の必要性も高まっている．拡大再構成は，そういった画像処理技術の一つである．一方で，拡大再構成には解像度の異なるメディアを結ぶ解像度変換技術としての側面もある．したがって，様々な解像度のメディアが混在する環境においてはその重要性も高い．このような画像拡大技術を実現する際に考慮すべき問題に，拡大後の画像でエッジ部分のジャギーが顕著になるという問題がある．本研究は，濃度値の補間による非格子点の内挿を基礎とし，適応的に変形した標本化関数を用いることでジャギーの顕在化を抑える，高品質な画像拡大再構成方式を提案する．

一般に，画像の拡大などの幾何学的変換においては，原画像の濃度値情報を補間することで再構成が行われる[1][2][3][4]．これに対して近年，超解像法やニューラルネットワークを用いた高品質画像拡大の研究も行われている[5][6][7].これらの手法は補間を主体とした方法では再現できない，サンプリング時に失われた高周波成分の復元により高品質な拡大の実現を目指す．本研究では，部分的な拡大などの局所的な処理が容易で，処理の高速化が可能な点に着目し，補間に基づく方式を提案する。

## 2. 適応的標本化関数による拡大方式

### 2.1. 2次元標本化関数

まず，補間に用いる標本化関数について考える．従来のsinc関数は連続かつ滑らかなデータの補間を想定しているので不連続な点は近似的補間となる．しかし，濃度値の補間ではそういった点がエッジとして画像品質を大きく左右するので画像補間に必ずしも最適といえない．そこで本研究ではフルーエンシ理論により導出された標本化関数を用いる．フルーエンシ理論では，関数の微分可能性をパラメータ$m$としてすべての関数がクラスに分類される．このとき各クラスに標本化関数が存在することが証明されている[8]． パラメータ$m$は，クラスの関数が（$m-2$）回連続微分可能な高々（$m-1$）次の区分的多項式からなることを表す．補間したデータの滑らかさを考慮に入れ，少なくとも1回連続微分可能な$m=3$のクラスの標本化関数を用いる．以降，この関数をm3関数と呼ぶ.

さらに，2次元に分布する画素値の補間を適切に行うために，m3関数を基にした2次元の標本化関数を次式のように定義する．

$$ {}_{[S]}^{3}\zeta(x,y) = {}_{[S]}^{3}\psi\left(\sqrt{x^2+y^2}\right) \qquad (1)$$

ここで，${}_{[S]}^{3}\psi(t)$はm3関数を表す．図1に2次元標本化関数の形状を示す.

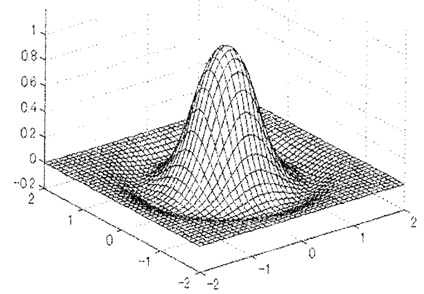


図1　2次元標本化関数

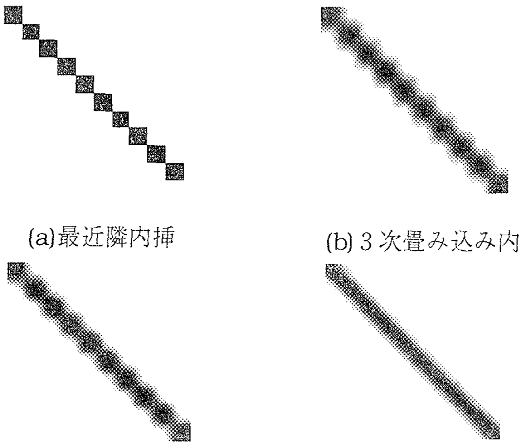
### 2.2. 適応的標本化関数

次に，画像を拡大する際に問題となるエッジ部分でのジャギーの顕在化に対処する事を考える．通常ディジタル画像は方形格子状に補間されるので斜め方向の形状は階段状に近似表現される．これを単純に拡大していくと，階段状の形状が目に付くようになりジャギーの原因となる．特に，濃淡の差が大きいエッジ部分では，

---

High Quality Enlargement of Digital Images using Adaptively Transformed Sampling Function
Masakazu Ohira
Institute of Information Science and Electronics, University of Tsukuba
1－1－1 Amakubo, Tsukuba, Ibaraki 305－8573, Japan
mohhira@is.tsukuba.ac.jp

形状のひずみが目立つため画像全体の品質を引き下げる要因となる．図2に示すように，2次元標本化関数をエッジ形状に沿って楕円に変形し補間を行うことでジャギーを抑え滑らかに拡大することができる．そこで，対象画像のエッジを検出し各点でのエッジ方向を求め，それに沿って標本化関数を変形した適応的標本化関数を考える．この関数を補間に用いることでジャギーの低減を図る．



(a)最近隣内挿　(b) 3次畳み込み内挿

(c) 2次元標本化関数　(d)楕円標本化関数

**図2 楕円標本化関数による拡大結果**

### 2.2.1. エッジの検出と方向決定

エッジ検出には8方向のラプラシアンフィルタを用いる．また，各エッジでの方向を決定するために，主成分分析に基づく最小二乗法を用いる．最小二乗法では，2次元に分布する点の集合に対して，各点との距離が最小となる直線が求められる[9]．得られた直線を回帰直線と呼ぶ．対象のエッジの方向を決定するために，その周囲のエッジパターンに対して最小2乗法を適用し，求めた回帰直線の方向を対象エッジの方向とする．

### 2.2.2. 2次元標本化関数の変形

以上のようにして求められたエッジ方向を元に，エッジ形状に適応した2次元標本化関数を画素ごとに生成する．エッジ方向を角度$\theta$ とし，点$(x,y)$の写像を$(x',y')$とするときに次式の関係を満たす写像平面上の2次元標本化関数が対象画素に適応した標本化関数である．

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{\alpha}} & 0 \\ 0 & \sqrt{\alpha} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (2)$$

ここで，$\alpha$は楕円の長軸と短軸の比率を表す．このように，画素毎に求めた適応型標本化関数を用いて畳み込みを行う．エッジ以外の画素に対しては，基本の2次元標本化関数を用いる．

## 3. 結果

提案手法を実装し、実際に画像を拡大して主観的な評価を加える。

まず、エッジ以外の部分では、2次元化標本化関数の効果により従来手法に比べて鮮鋭な拡大が行えた。一方、エッジ部分では、適応的標本化関数の働きによってエッジが滑らかに拡大されジャギーの発生が抑えられた。ただし、緩やかな傾斜のエッジでは適応的標本化関数の効果はあまり得られなかった。

## 4. まとめ

画像拡大における重大な問題の一つであるジャギーの顕在化に対処することを目的として，エッジ形状に適応し2次元標本化関数を変形して補間を行う拡大方式を提案した。実際の画像に適用しその有効性を確認した．今後は，結果を客観的に評価するための定量的な評価方法を検討する．また，複雑なエッジ形状にも対応できる柔軟な適応的標本化関数の開発を目指す．

## 参考文献


[1] Andrew S.Glassner: "Principles of Digital Image Synthesis vol.1", Morgan Kaufmann Publishers, (1995)

[2] S.K.Park: "Image Reconstruction by Parametric Cubic Convolution", Computer Vision, Graphics, and Image Processing, Academic Press. Vol.23, pp.258-272 (1983)

[3] D.P.Mitchell, A.N.Netravali: "Reconstruction Filters in Computer Graphics", ACM Computer Graphics. Vol.22, No.4, pp.221-228 (1988)

[4] 尾上守　他編集："画像処理ハンドブック"，昭晃堂，(1987)

[5] 新堀英二，高木幹雄："DCT を用いた Gerchberg-Ppoulis の反復法を適用した高画質画像拡大"，信学論 D-II, Vol.J76-DII, No.9, pp.1932-1940(1993)

[6] 田中章，今井英幸，宮腰政明，伊達惇："多重解像度解析を用いたディジタル画像の拡大"，信学論 D-II, Vol.J79-DII, No.5, pp.819-825(1996)

[7] 安川雅紀，池口徹，高木幹雄："動径基底補間法によるラプラシアン情報を用いた画像拡大"，映情年次大会, pp. 353-354(1998)

[8] K.Katagishi, K.Toraichi, M.Obata, and K.Wada: "A Practical Least Squares Approximation Based on Biorthonormal Expansions in the Space of Piecewise Polynomials", Trans. of IEE Japan, Vol.118, No.3, pp.353-365 (1998)

[9] 大津展之，栗田多喜夫，関田巌："パターン認識　理論と応用"，朝倉書店(1996)