

文字や網点を含む低解像度多値画像のベクター表現に関する検討

A Study on Vector Representation of Low Resolution Grayscale Images Containing Characters and Halftone Dots

河村 圭
Kei Kawamura

山本 勇樹
Yuki Yamamoto

渡辺 裕
Hiroshi Watanabe

1. はじめに

画像入力装置の普及により、容易に紙面のデジタル化が可能になった。解像度の異なる様々な端末に画像を表示するためには解像度変換が必須である。また、文書画像だけでなく線画や網点を含む画像に対するデジタル化の需要が大きい。そこで、我々は解像度変換が容易なベクター表現に着目し、高解像度2値画像に対するベクター変換手法を提案している [1]。

画像入力(スキャン)時間を短縮するために、解像度は低い方が良い。また、JPEG符号化方式の普及により、文書画像が低解像度多値画像で保存される機会が増加している。本稿では、ベクター変換を低解像度多値画像に適用することを目的とし、ベクター表現への変換を考慮した小数画素精度(サブピクセル精度)の2値化手法を提案する。また、ベクター表現による画質評価を行う。

2. 従来手法の問題点

多値画像をベクター表現に変換するには、輝度の境界線情報が必要である。2値画像の場合には白から黒に変化する画素の境界を輝度の境界線とみなせる。しかし、多値画像の場合には、輝度の境界を決定する手法が画像処理の目的に応じて数多く提案されている。

そこで、本稿では本来2値である印刷紙面をスキャンして取得した画像を対象とする。これらの画像に整数画素の2値化を適用すると、エッジの位置情報が著しく欠落する。また、JPEG符号化後の画像においては、符号化ノイズが2値化により強調されることが多い。なお、網点は別の手法を用いて分離し、多階調近似を経てベクター表現に変換する。

光学文字認識では、300dpi~400dpi程度の解像度の2値画像が必要である。藤本、鎌田等は200dpi未満の多値画像を対象として、高精度な2値化手法を提案している [2, 3]。本手法は、大津2値化を用いる文字線近傍抽出、線形補間による高解像度化、局所的2値化により構成されている。文字認識率の向上には寄与するが、ベクター表現に変換後の画像特徴や画質評価が不十分である。

3. 提案手法

3.1 概要と構成

文字を高品質にベクター表現に変換するには、300dpiから600dpi程度の解像度が必要である。対象画像の一

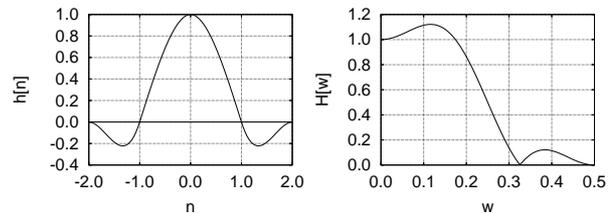


図1 Cubic convolutionの特性。

般的な解像度は120dpi程度であるため、小数画素化率 n は2~5を目標とする。また、得られたベクター表現について画質評価を行う。

提案手法の構成を以下に示す。多値画像を高解像度化し、Niblackの2値化 [4] を適用する。ただし、2値化により強調されるモスキートノイズを低減するために、中間調のみを2値化する。生成された小数画素精度の2値画像をベクター表現に変換する [1]。

3.2 高解像度化手法

小数画素精度の画素値の取得には、補間が用いられる。フィルタ処理によるリングング歪みは後段の2値化によって無視できるため、周波数応答のうちカットオフ周波数が理想的であることが望ましい。本稿では式(1)に示すキュービック・コンボリューション補完法を用いる。

$$h(t) = \begin{cases} (a+2)|t|^3 - (a+3)|t|^2 + 1 & 0 \leq |t| < 1, \\ a|t|^3 - 5a|t|^2 + 8a|t| - 4a & 1 \leq |t| < 2, \\ 0 & 2 \leq |t|. \end{cases} \quad (1)$$

a は定数であり、本稿では-1.5を利用する。フィルタの時間、周波数応答(振幅)を図1に示す。

なお、JPEG符号化やローパスフィルタなどにより高周波成分が十分に除去されている場合には、線形補間でも同等の高解像度化性能が得られる [3]。

3.3 2値化手法

2値化に用いるNiblack法は、窓内画素値の平均と標準偏差に基づいてしきい値を決定する手法である [4]。しきい値は式(2)のように算出される。

$$T = E + k\sigma. \quad (2)$$

ただし、 E は平均、 σ は標準偏差、 k は定数である。窓長は小数画素化率 n に対して $2n+1$ 画素とした [2]。これは、入力画像における3画素程度に相当する。

†早稲田大学大学院 国際情報通信研究科,
Graduate School of Global Information and Telecommunication
Studies, Waseda University.



図 2 A part of a standard image.



図 3 An input image.



図 4 A sub-pixel binarization.



図 5 An integer pixel binarization.

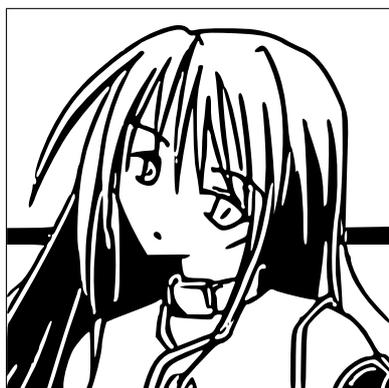


図 6 A sub-pixel vectorization.

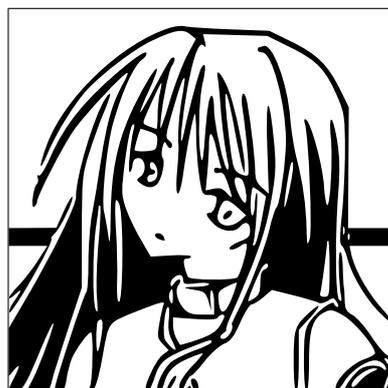


図 7 An integer pixel vectorization.



図 8 A standard vectorization.

4. 実験・考察

4.1 実験条件

対象画像の一例としてマンガを想定する．B5 サイズ，300dpi (1486 × 2207 画素) の多値画像を基本画像と呼ぶ．これを 150dpi に解像度変換し，JPEG で 1.0bit/pel に符号化した画像が実験の入力画像となる．基準画像，入力画像の一部を図 2，図 3 に示す．

Niblack 法において線のつながりを保持するために，しきい値が背景側になるように定数 $k = 0.1$ を採用する．実験条件より小数画素化率は $n = 2$ である．モスキートノイズの影響低減のため，輝度値が 128 ± 96 の画素について Niblack 法を適用する．

4.2 結果と考察

整数画素精度の 2 値化を従来手法として比較を行う．提案手法，従来手法の 2 値画像の一部を図 4，図 5 に示す．提案手法は文字領域や複雑な線画領域で，精度良く 2 値化できることが分かる．従来手法では，線画の欠落や曲線の単調化などにより，品質が低下している．

ベクター表現による比較を行うために，提案手法，従来手法，基準画像をそれぞれベクター表現に変換した結果を図 6～図 8 に示す．提案手法は基準画像と同様な線幅に変換されているが，従来手法では線幅が広がり，単調化している．また，複雑な線画領域における再現性が従来法よりも向上している．

5. まとめ

本稿では低解像度多値画像にベクター変換を適用するために，小数画素精度の 2 値画像を生成する手法を提案した．実験により，提案手法は整数画素精度の 2 値画像に比べて再現性の高いベクター表現が得られることを確認した．

謝辞

この研究は，財団法人大川情報通信基金研究助成による．

参考文献

- [1] 河村，山本，渡辺，“ベクター表現の階層符号化の改良，” 第 67 回 情処全大，3W-4，Mar. 2005．
- [2] 鎌田，藤本，“低解像度テキスト画像の高速かつ高精度な 2 値化方式，” 信学技法 PRMU98-165，Dec. 1998．
- [3] 藤本，鎌田，“低解像度カラー文書画像から高品質な文字画像を抽出する二値化方式，” 信学技法 PRMU99-89，Oct. 1999．
- [4] O.D. Trier, A.K. Jain, “Goal-Directed Evaluation of Binarization Methods,” IEEE Trans. PAMI, vol. 17, No. 12, pp. 1191-1291, 1995.