

網点を含む2値画像のベクトル表現による高能率符号化に関する検討

A Study on High Efficiency Image Coding for Binary Images with Halftone Dots Using Vector Representation

河村 圭 渡辺 裕

Kei KAWAMURA Hiroshi WATANABE

早稲田大学大学院 国際情報通信研究科 Graduate School of GITS, Waseda Univ.

1 はじめに

液晶ディスプレイや有機 EL ディスプレイの普及により、ディスプレイ上で文書や画像を閲覧する機会が急増している。今後とも、電子ペーパーの一般化やペーパーレス化の観点から、印刷による紙媒体ではなく、ディスプレイ上で閲覧する需要が高まると考えられる。

文書や画像を効率よく配信するためには、データ圧縮が必須である。現状では JPEG を用いた画像圧縮が主流である。しかし、オフィス文書やマンガといった画像は本来2値画像であることが多く、さらに線画が中心である。自然画像を対象とした JPEG を用いてこれらの画像を符号化するのは効率が悪いと言える。

我々は以前より、コンテンツオリエンテッド符号化という概念を提唱している。これは、コンテンツの特性に合わせた符号化を行う、という考え方に基づいている。イラストやマンガ、アニメーションなど、線画中心の画像にはベクトル表現を用いた符号化が適していると考えられる [1, 2]。デバイスの解像度に応じた表示が可能となり、階層構造を持たせるなど拡張性が高くなる。ただし、2値画像では、階調を擬似表現するためにディザ法を用いる。これはラスタ表現の特性を利用した手法である。

本稿では、まず、ディザ法の1つである網点を含む2値画像をベクトル表現へ単純に変換することは、符号化効率が悪くことを明らかにする。次に、網点を分離・階調近似し、線画と共にベクトル表現に変換する手法を提案する。提案手法により、網点を含む2値画像のベクトル表現による効率的な符号化が可能となる。

2 網点画像のベクター変換

2.1 ベクター変換ツール

フォントデータをベクトル化する研究がされ、実用化されている。また、巨大なビットマップを PC のメモリ上に全て展開することが可能となり、ラスタ・ベクター相互変換などのベクトル表現を処理する環境も充実してきた。そこで、ラスタ表現をベクトル表現に変換するツールとして、既存のソフトウェアを利用する。従来研究では AutoTrace を利用していたが、変換精度が十分でないという問題点が明らかとなっていた [3]。そこで本研究では、2003 年 8 月に公開された potrace [4] を利用した。このソフトウェアは GNU GPL の元で配布されている。ソースコードが自由に入手できるソフトウェアの中では最も変換精度が高い。

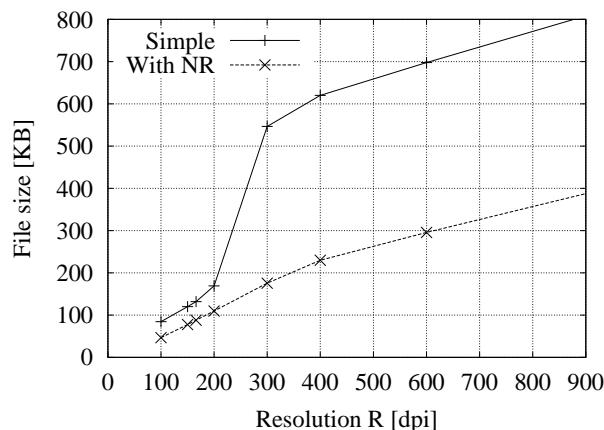


図 1 解像度とファイルサイズの関係

potrace の処理フローを述べる。まず、入力画像の輪郭線を抽出し、誤差 1/2 画素以下の多角形で近似する。多角形は辺の数が少ないほど良い近似であると判断し、同じ辺数の場合には近似誤差の小さい方を良い近似であると判断する。画像内容とは独立にきい値が固定されているため、試行錯誤なしに良い近似が得られる。その後、多角形の頂点を必要に応じてなめらかな曲線で置き換える。

デフォルトの出力形式は EPS 形式であり、ベジエ曲線による近似を行う。ただし、ベジエ曲線をそのまま利用するのは自由度が大きすぎるため、ソフトウェア内部では 3 次から 2 次へ、次数を 1 つ減らして利用している。

2.2 単純ベクター変換

網点を含み、主に線画から成る原稿 (B6 サイズ) を 2 値画像として取り込み、ベクトル表現に変換する。様々な解像度に対する変換後ファイルサイズの関係を示す。

ベクトル表現のファイルサイズは解像度に比例して増加することがわかる。これは、近似誤差が画素サイズ依存のため、解像度が上がるにつれて相対的に許容誤差が小さくなるためである。また、300dpi 程度を境に、低解像度では急激にファイルサイズが小さくなっている。200dpi の入力画像を確認したところ、網点や極細線などの微少な要素が背景に消えて、無くなっていた。

2.3 ノイズ除去付きベクター変換

網点などの微少な要素が、ベクトル表現への変換効率を著しく落としていると考えられる。そこで、2 値画像として取り込む際に、孤立点除去などのノイズ除去 (NR, Noise Reduction) を施し、微少な要素を積極的に除去す

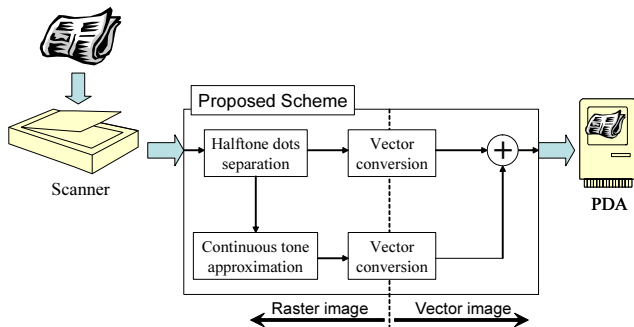


図 2 提案システムフロー

る。ただし、ノイズ除去にはスキャナ付属のソフトウェア機能を利用した。

原稿を 2 値画像として取り込み、ノイズ除去を施した後、ベクトル表現に変換する。ノイズ除去をした場合の様々な解像度に対する変換後ファイルサイズの関係を、図 1 With NR 系列に示す。あらゆる解像度でファイルサイズが解像度に比例することが確認できる。また、ノイズ除去を施さなかった場合に比べ、300dpi 程度からは一定のファイルサイズが削減されていることがわかる。

3 網点を考慮したベクトル表現変換

3.1 提案システム

提案システムの流れを図 2 に示す。まず、原稿を 2 値画像として取り込む。次に、ベクトル表現に変換し、SVG (Scalable Vector Graphics) 形式や Flash 形式などのベクター形式で出力する。これを PDA (Personal Digital Assistant) や電子ペーパーなど、解像度やディスプレイサイズの異なる環境で閲覧することを想定する。

3.2 提案アルゴリズム

第 2 節より、網点などの微小な要素を含んだままベクトル変換するのは効率が悪いことが明らかとなった。そこで、このシステムを実現するために以下の内部プロセスを導入する。

1. 網点を含む 2 値画像から、網点を抽出し、網点画像と線画に分離する。
2. 網点画像に対してグラデーションを考慮した階調近似を行い、階調近似画像を作る。
3. 階調近似画像と線画をそれぞれベクトル表現に変換し、階層化する。

網点を階調近似するのは、再現性を補い、ベクトル表現で扱いやすくするためである。また、網点の除去により、縮小処理の際に発生するモアレを回避できる。

3.3 網点分離と階調近似 [5]

分離手法としては、網点が孤立点である性質を利用する。画素の連結条件は 8 近傍とし、連結画素の面積がしきい値以下の場合、網点と判断する。

次に、孤立点である網点の集合を、膨張処理を行うこ

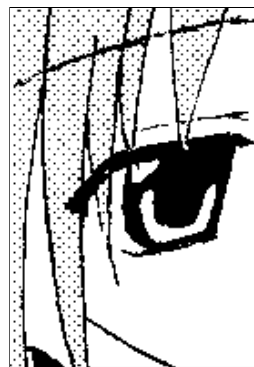


図 3 入力画像



図 4 ベクトル表現

とで網点領域を定める。網点領域を網点周期を考慮した小領域に分割して、各々の網点面積率(濃度)を計算する。ここで、階調が線形であると見なし、平面の方程式で近似することを考える。小領域の中心座標と網点面積率を用いて、最小 2 乗法により階調表現の最適パラメータを求める。

3.4 シミュレーション実験

提案アルゴリズムを実装し、シミュレーション実験を行った。入力画像は 300dpi でスキャンした 2 値画像を用いた。入力の一部を拡大した画像を図 3、ベクター変換結果画像を図 4 に示す。

ラスター形式独特のジャギーは消え、形状が保存されていることが確認できる。また、拡大・縮小処理しても品質は保たれ、モアレも発生しない。

4 まとめ

本稿では、網点を含む 2 値画像の単純ベクター変換は効率が悪いことを明らかにした。次に、網点を分離・階調近似して、線画と共にベクトル表現に変換する手法を提案した。また、ベクター変換により内容、形状が精度良く保存されることを主観的に確認した。

参考文献

- [1] O. Nakagami, T. Miyazawa, H. Watanabe, H. Tominaga, "A Study on two-layer coding for animation images," IEEE Int. Conf. on Multimedia Expo (ICME) 2002, WedAmPO3: Compression II, Aug. 2002.
- [2] 河村 圭, 渡辺 裕, 富永 英義, "2 値画像のベクトル表現における網点の階調近似処理に関する検討," 2004 信学総大, D-11-106, Mar. 2004.
- [3] 河村 圭, 渡辺 裕, 富永 英義, "網点を含んだ 2 値画像のベクトル表現に関する検討," 画像符号化シンポジウム PCSJ2003, P-2.13, Nov. 2003.
- [4] "potrace," <http://potrace.sourceforge.net/>
- [5] 河村 圭, 渡辺 裕, 富永 英義, "マンガ符号化における濃度勾配検出法の改良," 情処研報 2003-AVM-44, no.3, Mar. 2004.