

ベクター表現における符号量制御に関する検討

A Study on Rate Control for Vector Representation

河村 圭† 山本 勇樹‡ 渡辺 裕†
Kei KAWAMURA Yuki YAMAMOTO Hiroshi WATANABE

†早稲田大学大学院 国際情報通信研究科

†Graduate School of GITS, Waseda University

‡早稲田大学理工学部 電子・情報通信学科

‡Dept. of Elec., Info. and Comm. Eng., Waseda University

Abstract: A conventional vectorization tool could not control a rate or a quality of vector graphics. However, the rate control function is required for a smooth rendering either on different resolutions or computation powers. In this paper, we propose a novel pass point reduction of vector graphics. Depending on an error threshold, straight lines and curves are integrated. The obtained performance is equal to a Gaussian filter, which is performed for an input image of vector conversion. Furthermore, this method can be performed for vector graphics without rasterization.

1 はじめに

ベクター表現は端末の解像度に依らず高品質な画像を表示できるため、ベクター表現によるコンテンツの需要が高まると予想される。コンテンツを効率よく蓄積、配信、閲覧するためにはデータ圧縮が必須である。特に画像は品質に応じて符号量を制御できることが求められる。

そこで、本稿では許容誤差に応じた直線・曲線統合手法について検討し、ベクター表現において符号量制御を実現する手法を提案する。

2 ベクター変換と符号量

2.1 スキャン解像度と符号量制御

2値画像では階調を表現するためにディザ法を用いる。ディザ法の1つである網点をベクター表現に変換すると、冗長性が高く効率が悪い[1]。そこで、網点を分離し、残った線画をベクター表現にする手法を検討する。

印刷に利用される網点は、高解像度スキャンにより精度よく分離できる。また、書籍や図面で利用されるルビのような小さな文字がつぶれないためにも、600dpi~1200dpi程度の高解像度なスキャンが必要である。

ベクター表現では表示解像度によらず高品質な画像を得られるが、高解像度のラスター表現からファイルサイズの小さい高品質なベクター表現は得られない。ファイルサイズが増加する原因として、輪郭線上に表れるノイズにより曲線の通過点が増大すること、画素精度でベクター変換が行われることにより、近似誤差の許容値が相対的に小さくなることが考えられる。

逆に、低解像度のラスター表現からはファイルサイズの小さい、実用的な品質のベクター表現を得られる。適切な解像度のラスター表現を入力することで符号量と品質を制御可能である。しかし、解像度の変換は計算コストが高く、ベクター表現の階層化に発展させにくい。そこで、ベクター表現のみを利用した符号量制御が求められる。

2.2 ベクター変換手法

既存のベクター変換手法について簡単に述べる[2, 3]。

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。次に、多角形の頂点、または辺を必要に応じてなめらかな曲線で置き換える。そして、冗長な曲線の統合を行う。凸方向が同じで連続する曲線を、面積一定の条件で統合する。統合前曲線の頂点や通過点における誤差を測定し、歪みを一定に抑える。また、グラフ理論を用いて統合する曲線の最適な組み合わせを得る。

最後に、ベクター表現の代表的なファイルフォーマットであるPostScript, Scalable Vector Graphics, Macromedia Flashなどに変換する。一連の流れを図1に示す。

3 直線・曲線統合手法

3.1 統合方針

従来の曲線最適化では、統合できる線の組み合わせに様々な制約が課せられている。まず、連続する曲線のみが統合され、角を構成する直線は統合できない。次に、曲線の凸方向が異なる曲線同士、または変曲点を削減する統合は出来ない。最後に統合前後で大局的な曲線の凸方向が変わる統合はできない。

しかし、想定する入力画像では、輪郭線上に表れるノイズにより図2(b)のように最適多角形の凸方向は頻繁に変化する。そこで、これらの制約を緩和する手法を検討する。また、ベクター表現のみで符号量制御を行うために、図1の曲線最適化処理を拡張する。最終的には統合されない曲線を含めて一貫性のあるベクター表現を得るために、

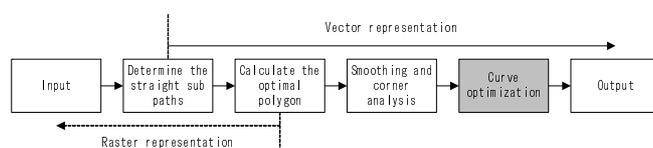


Figure 1 Flow diagram of vector conversion

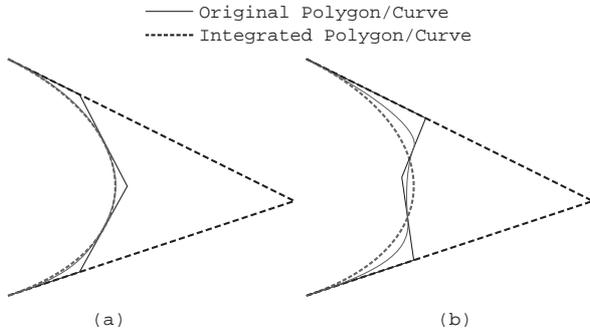


Figure 2 Example of integration

多角形をなめらかな曲線に置き換える手法を再適用する。

3.2 統合条件

通過点の削減に必要な緩和条件として、角を構成する直線も含めた統合と凸方向の異なる頂点の統合が考えられる。さらに、統合後に曲線が存在するためには、両端を構成する辺を延長し新たな頂点が作れることが必要条件となる(図2)。これは、統合前後で大局的な曲線の凸方向を維持するのと同じである。

統合前の角曲線の頂点を代表点とする。次に代表点の接線に平行な直線が統合後曲線と接する点を求め、これらの距離を誤差として計算する。全ての点において誤差がしきい値以下であれば統合可能と判断し、誤差を累積する。

以上の誤差計算を任意の線の組み合わせに対して計算する。そして、統合後の本数が少なく、累積誤差の小さい最適な組み合わせを求める。誤差のしきい値を変化させることで、符号量が制御可能になる。

4 シミュレーション実験

4.1 実験条件と結果

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。主に線画から構成され、網点を含む印刷物を 1200dpi、2 値でスキャン、網点除去を施した 2 値画像を入力画像とした。提案手法のしきい値を変えた場合、低解像度と等価の画像を生成するために入力画像にガウシアンフィルタをかけてからベクター変換した場合、JBIG により符号化した場合の結果を合わせて図 3 に示す。

縦軸は、入力画像とベクター変換後ラスタライズした画像の差分画素の全画素に対する割合を示す。横軸は、画素当たりのビットレートを示す。ベクター表現には PostScript (ベジエ曲線) を利用し、さらにエントロピー符号化するために汎用圧縮方式の bzip2 をかけた。なお、JBIG は可逆符号化である。提案手法は差分の割合が 1%程度で主観が大幅に悪化したため、打ち切っている。

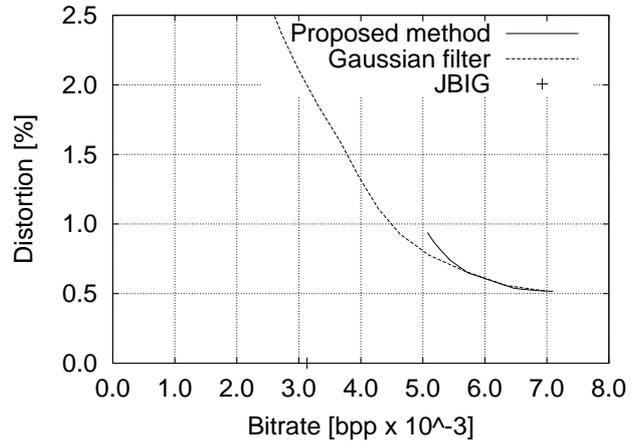


Figure 3 Performance of proposed method.

4.2 考察

提案手法は、許容誤差が小さい範囲ではガウシアンフィルタと同程度の性能を示している。しかし、許容誤差を大きくすると性能が落ち、主観評価も悪くなる。

提案手法では、各輪郭線における冗長な通過点は削減可能であるが、線そのものを削減することは出来ない。一方、ガウシアンフィルタは隣接した輪郭線が結合し、少ない劣化で輪郭線ごと削減できる。JBIG と同程度の低ビットレートに変換するためには、輪郭線同士の平面的な位置関係を考慮する必要がある。

5 まとめ

ベクター表現において、符号量を制御するための直線・曲線統合手法を提案した。ベクター変換時だけでなく、すでにベクター表現に変換された画像に対してもラスタライズすることなく適用可能である。また、シミュレーション実験により、ラスタ表現にガウシアンフィルタを施す場合と同程度の性能であることが確かめられた。

参考文献

- [1] 河村, 渡辺, 富永, “網点を含んだ 2 値画像のベクター表現に関する検討”, 画像符号化シンポジウム資料 18th, pp. 37-38, P-2.13, 2003.
- [2] “potrace,” <http://potrace.sourceforge.net/>
- [3] 河村, 渡辺, “ベクター変換における曲線最適化アルゴリズムの一検討”, FIT2004 第 3 回情報科学技術フォーラム, 3S-2, Sep. 2004.

早稲田大学大学院 国際情報通信研究科
〒 367-0035 埼玉県本庄市西富田大久保山 1011
Phone: 0495-24-6143, Fax: 0495-24-6645
E-mail: kei@tom.comm.waseda.ac.jp