

ベクター表現に適した小数画素精度の改良境界線検出に関する検討 A Study on Improved Subpixel Border Detection for Vector Representation

河村 圭
Kei Kawamura

石井 大祐
Daisuke Ishii

渡辺 裕
Hiroshi Watanabe

1. はじめに

画像入力装置の普及により、容易にデジタル画像が得られるようになった。さらに、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。

我々は解像度変換が容易なベクター表現に着目し、人工的な画像に対するベクター変換手法を提案している。これまで人工的な画像として、文字、網点、線画などを含む高解像度2値画像や低解像度多値画像を対象としてきた [1]。

本稿では、均等色領域を多く含む多階調画像に拡張することを目的とする。領域分割に基づいて、ベクター変換に適した小数画素精度の境界線検出手法を提案する。

2. 従来手法の問題点

同様の画像を対象とした先行研究として、SIC (Segmented Image Coding)[2] や MRC (Mixed Raster Content)[3] が挙げられる。

SIC は衛星画像や自然画像に対して、輝度変化の少ない領域に分割し、その輪郭線とテクスチャに分解するモデルを採用している。輪郭線は Chain Code によるロスレス符号化が適用される。また、MRC は文書画像と自然画像が混在する画像に対して、前景、背景、マスク画像に分離するモデルを採用している。それぞれの画像は適度に縮小され、JPEG や JPEG2000 などの符号化方式が適用される。

これらのモデルでは、入力画像に含まれるアンチエイリアシング (以下では AA と略す) の扱いが十分に考慮されていない。AA 処理は、低解像度画像において解像感の向上に必要である。しかし、これらの画像に対して整数画素精度の分割や分離を行うと、ジャギーやハ口などの副作用が生じる。さらに、1画素に満たない細線が欠落する。その結果、主観品質が著しく損なわれるという問題がある。また、輪郭線やマスク画像に歪みが許容されないため、解像度変換や符号量制御に関するスケラビリティが不十分である。

我々はこれまで、MRC モデルのように前景と背景に分離するアプローチを採用していた。ここで、前景と背景の輝度は白と黒であることを前提としていた。また、

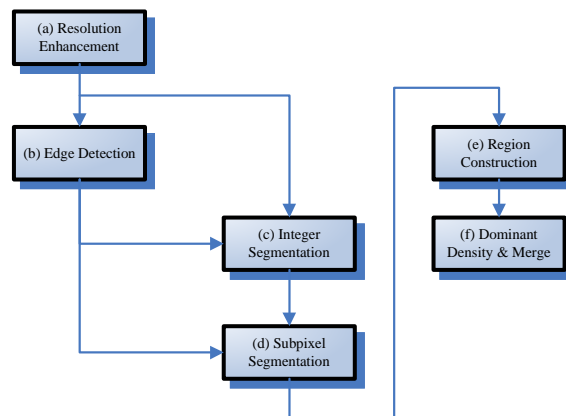


図 1 The proposed flow chart of subpixel segmentation.

しきい値を用いた2値化する手法を提案していたが、斜線の幅が振動する場合があった。

3. 提案手法

3.1 小数画素精度の SIC モデル

本稿では、SIC モデルのように異なる輝度をもつ均等色領域へ分割するアプローチを採用する。すなわち、分割された画像はそれぞれ異なる輝度を持つと仮定する。

次に、AA 処理領域は上記の仮定により均等色同士が隣接していたと見なせる。したがって、小数画素精度で境界と領域内の輝度を特定するとともに、再構成画像では AA 処理を適用する。また、領域内は単一の輝度を有しているため、歪みが生じても破綻しない。

さらに、分割されたそれぞれの均等色領域は、輪郭線をベクター表現に変換して、AA 量や輝度とともに符号化する。また、均等色領域内に含まれるテクスチャは既存のラスター表現の符号化を適用する。ただし、テクスチャには周期性を想定し、均等色領域の歪みによる穴が生じないようにする。

3.2 領域分割手法

入力画像を均等色領域に分割する手法を述べる。提案手法の流れを図 1 に示す。

(a) Cubic フィルタ (パラメータは $a = -1.5$) により画像を3倍に拡大する。リングング歪みの影響は、エッジ抽出時には無視できるため、カットオフ周波数が理想的であることが望ましい。

[†]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.

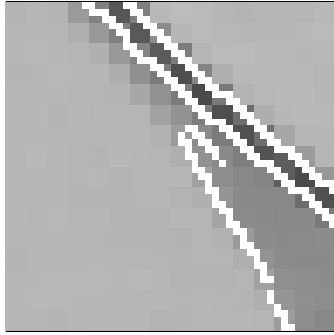


図 2 Edges (white pixels).

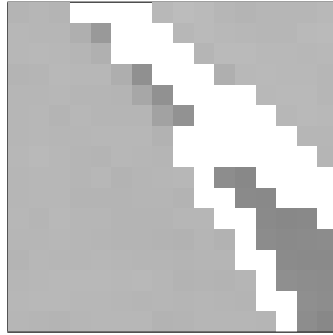


図 3 Integer segments.

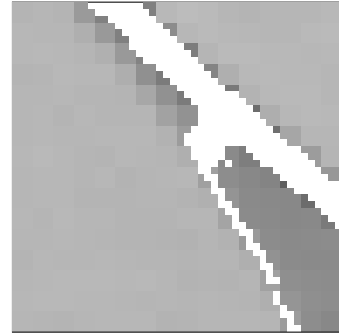


図 4 Subpixel segments.

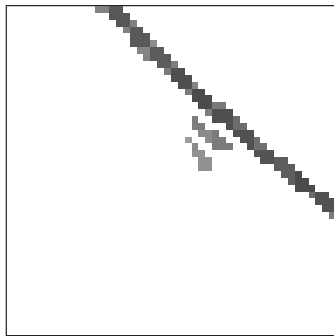


図 5 Remained regions.

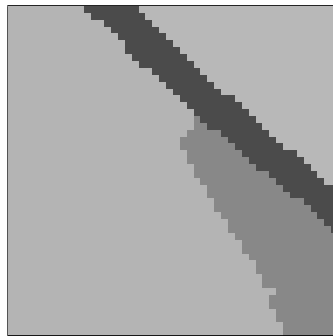


図 6 Final segments.

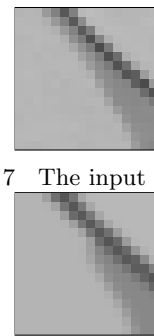


図 7 The input MB.

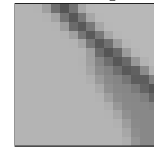


図 8 The reconstructed MB.

(b) canny オペレータ (パラメータは $\sigma = 3.0$) によりエッジを取得する。3 倍に拡大されているため、細線のエッジも抽出可能である。

(c) 入力画像にエッジを射影する。エッジを含まない画素は、入力画像の仮定により均等色領域に含まれる。さらに、4 近傍の連結領域を抽出し、整数画素精度の初期分割とする。

(d) エッジを含む画素について、小数画素精度で分割を行う。初期領域に 4 近傍で隣接している小数画素を連結させる。

(e) 未分割の領域に対して 4 近傍で連結させ、領域を作成する。以上の処理で、エッジ画素を除く全ての画素がいずれかの領域に分割される。

(f) それぞれの領域について、主たる輝度を決定する。さらに隣接する領域やエッジ画素を併合する。

以上の手順により、全ての画素を領域に分割できる。

4. 実験・考察

対象画像としてアニメーションを想定する。エッジ抽出後にマクロブロック (16×16 画素) に分割し、ブロック単位で領域分割を行った。処理 (b) ~ (f) に対応する結果を図 2 ~ 図 6 に示す。一連の処理を経て、ベクター変換される直前の分割画像は図 6 となる。さらに、入力画像を図 7 に、分割画像に AA 処理を適用してから縮小した再構成画像を図 8 に示す。

入力画像と再構成画像を比較すると、AA 部分が精度良く再現されていることが主観的に確認できる。また、分割画像においては細線が欠落することなく保存されている。

5. まとめ

本稿では人工的な画像のうち、階調画像にベクター変換を適用するために、小数画素精度で領域分割を行い、境界を得る手法を提案した。提案手法はアンチエイリアシングを考慮した再構成画像が得られることを確認した。

謝辞

本研究は特別研究員奨励費 (19・2363) の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 河村ほか, “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,” FIT2006, J-032, Sep. 2006.
- [2] Christopoulos et al. “Segmented Image Coding: Techniques and Experimental Results,” Signal Processing: Image Communication, Vol.11, No.1, pp.63-68, Nov. 1997.
- [3] Queiroz, “Compressing compound documents,” in The Document and Image Compression Handbook, New York: Marcel-Dekker, 2005.