

1L-5

# 通過点削減によるベクトル表現の符号化効率改善

Improvement of Vector Representation Efficiency by Reduction of Passing Points

山本勇樹†

河村圭‡

渡辺裕‡

富永英義†‡

Yuki YAMAMOTO

Kei KAWAMURA

Hiroshi WATANABE

Hideyoshi TOMINAGA

† 早稲田大学理工学部 電子・情報通信学科

‡ 早稲田大学大学院 国際情報通信研究科

† Dept. of Elec.,Info. and Comm. Eng.,Waseda Univ.

‡ Graduate School of GITS, Waseda Univ.

## 1. はじめに

近年、コンテンツ配信サービスの開始や電子書籍専用端末の登場により、電子コンテンツの要求が高まっている。このため、従来の紙に印刷された出版物を電子化する機会も増加している。過去に出版された漫画などの二値画像を電子化する場合、原画が残っていないことが想定され、ノイズを含んだ印刷物をスキャナで取り込むことが多い。電子化後に配信する際にはコンテンツに適した形式で符号化することも必要となる。

ラスター表現は、一般的にディスプレイの解像度に合わせた縮小・拡大処理には不適切である。一方、ベクトル表現は、拡大・縮小による画質の劣化が少ない。また、オブジェクト単位の構造化により、ふきだしやコマ単位の表示などの機能性の付加が可能であり、2値画像のベクトル表現は有効な手法である。ラスター表現からのベクトル化は一般的にラスター・ベクタ変換と呼ばれる。

本稿では、ラスター表現のベクトル化における符号化効率の向上を目的とし、その効率低下の主たる原因である直線や曲線上のノイズを削減する手法について検討し、評価を行う。

## 2. 現状と課題

### 2.1 予備実験

ラスター表現とベクトル表現の各符号化方式における符号化効率の比較を行った。実験条件を表1に示す。

ラスター表現は、MH, MR, MMR, JBIG, JBIG2で符号化し、ベクトル表現は potrace[1] を用いて EPS で符号化した。また、EPS はエントロピー符号化を行わないため、汎用の圧縮方式である bzip2[2] で圧縮した。結果を図1に示す。横軸に符号量が小さい順に画像を並び、縦軸はファイルサイズとした。

### 2.2 問題点

図1より、ベクトル表現の符号化方式はラスター表現と比較して符号化効率が十分でないことは明らかである。ベクトル表現において、図2(a)のような多数の通過点の発生原因は大きく次の二つに分けられる。

- 網点
- ノイズ

一般的に漫画は網点を多く含むため、ベクトル表現に不適とされている [3]。また、入力画像には、漫画雑誌特有の印刷時のインクや紙の性質による多数のノイズが存在し、符号化効率低下の要因となっている。ここで、ノイズの種類はさらに以下の3つに分けられる。

- 孤立点として現れるノイズ
- ベタ塗り領域に現れるノイズ
- 直線・曲線上の凹凸の原因となるノイズ

これらの様子を図2(b)に示す。

特にベクトル表現では、直線・曲線上のノイズによる不必要な通過点の増加が符号化効率の低下の主たる要

Table 1 Scan condition

Scanner	Canon Canoscan LIDE30
Source images	Weekly magazine
Paper size	B5
Scanning resolution	600dpi
Component/Bit depth	Gray scale/8bit
Binalize threshold	0.6 (0:white, 1:black)

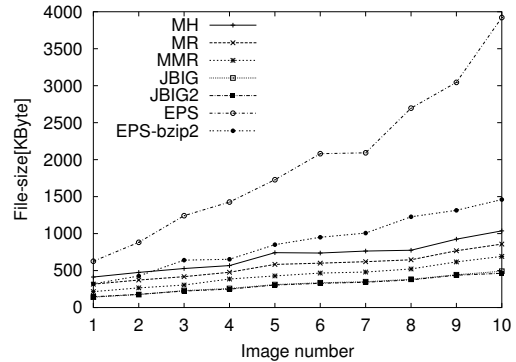


Figure 1 File-size of binary images

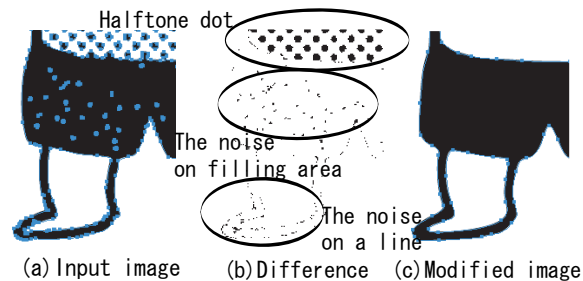


Figure 2 Passing points of vector images

因であることが明らかとなっている [4]。

### 2.3 従来手法

ガウスフィルタは一般的に画像をぼかす効果があるため、網点とノイズの除去、線の平滑化を一度に行うことができる。図2(a)の入力画像に半径2画素のガウスフィルタをかけた処理画像を図2(c)に示す。また、同様に10枚の画像に処理を施した際のファイルサイズを図3に示す。

除去した網点はグラデーションなどベクトル表現で再現し、網点除去後の画像にガウスフィルタをかけてからベクトル表現に変換することで、JBIGと同程度の圧縮率を実現できることが明らかとなった。しかし、ガウスフィルタは半径を大きくすると、図の細部がつぶれ、形状が変化するため、通過点削減のためのノイズ削減手法としては適していない。ラスター画像のノイズを除去し、線の凹凸を減らす前処理が必要である。

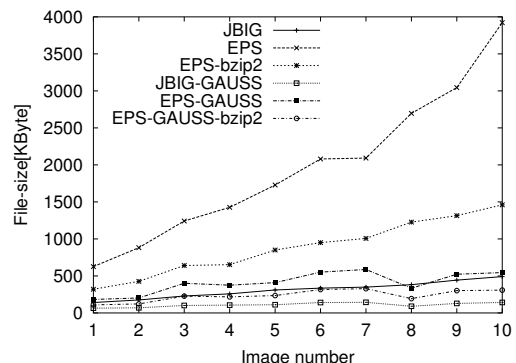


Figure 3 File-size by Gaussian filtering

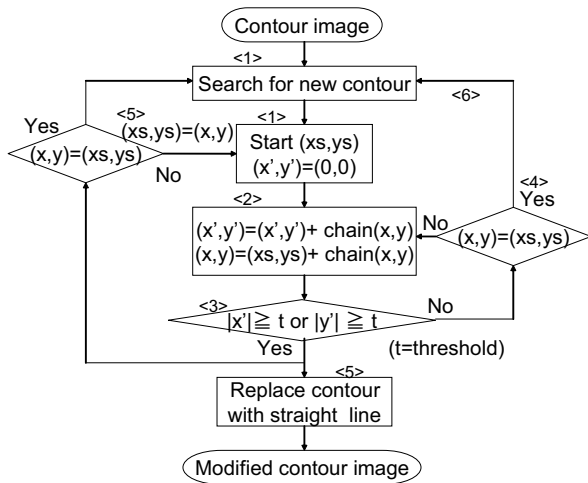


Figure 4 Algorithm of proposed method

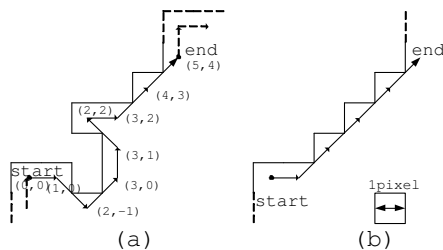


Figure 5 Proposed method

### 3. 提案方式

ベクトル化の際に通過点増加の原因となる直線・曲線上のノイズを取り除くことを目的として、Freemanのchaincodeを利用した輪郭追跡を用いた直線置き換え手法を提案する。ノイズを含んだ輪郭を追い、その平均をとることで平滑化を行う。図4にアルゴリズムを示す。

1. 新しい輪郭を探し、開始点を決める。
2. 輪郭を追跡し、差分コードの値を縦軸・横軸それぞれ加算する。
3. 縦軸か横軸の値がしきい値に達した場合、5へ
4. しきい値を満たさずに開始点に戻った場合、6へ
5. 区間を直線に置き換え、終了点を開始点とし2へ
6. 区間の置き換えを行わず、1へ

直線の置き換えに関しては、プレゼンハムのアルゴリズム [5] を用いた。実際の処理例を図5に示す。ここで、正方形一つが一画素を、矢印が差分コードを示している。しきい値を5画素とした時、図5(a)の輪郭をもつ入力画像は、図5(b)のように平滑化できる。

### 4. 実験と考察

提案手法を実装し、実験を行った。しきい値は本実験では5とした。入力画像はある周囲長以下の点集合を除くことにより、網点とべた塗り領域のノイズを除去した画像とする。ガウスフィルタと提案手法による処理を施し、それぞれEPSで符号化した結果を表2に示す。

提案手法は、半径1画素のガウスフィルタと比較してファイルサイズが小さい。ガウスフィルタは、半径を大きくすると細部がつぶれるため、小さい半径でのフィルタリングに限られる。つまり、通過点を十分に削減できない。しかし、フィルタリングした画像に提案手法を適用することで、さらにファイルサイズを削減できる。

Table 2 File-size by proposed method

Images	File-size[KByte]
No operation	114.2
Proposed method	84.5
GAUSS(radius of 1pixel) & proposed method	75.9
GAUSS(radius of 1pixel)	86.7
GAUSS(radius of 2pixel)	74.0
JBIG	98.8

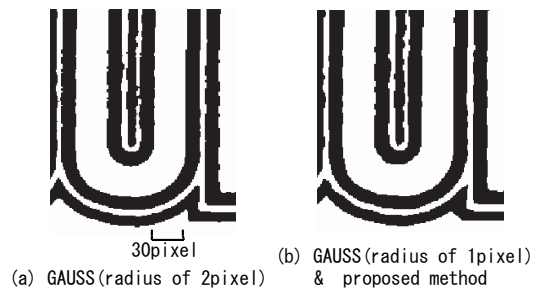


Figure 6 Result images by proposed method

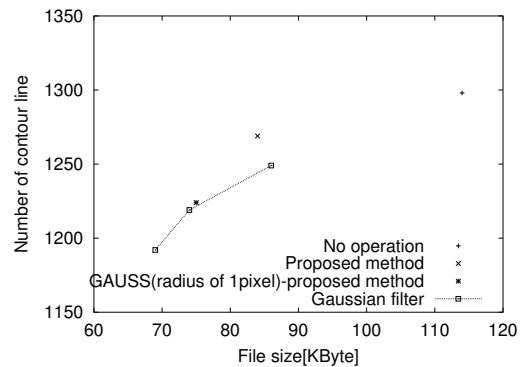


Figure 7 Evaluation of proposed method

表2において、半径1画素のガウスフィルタと提案手法による処理を行った画像は、半径2画素のガウスフィルタをかけた画像とほぼ同等のファイルサイズとなった。また、JBIGと比較してもファイルサイズは小さい。

それぞれの画像を図6に示す。図6(a)では所々で細部がつぶれるが、図6(b)ではつぶれずに、凹凸の削減のみが行えたことがわかる。

ベクトル表現は非可逆符号化であるため、ベクタ変換時には線の近似などにより入力画像との差分が発生する。このため、提案手法の差分を用いた評価は、近似による差分も含まれるため、有効でない。性能を評価するための尺度として、輪郭線の本数を導入する。一般的に形状は画像の特徴を表す有効な情報であり、その多くは輪郭線によって表される。輪郭線の本数により、画像の特徴の変化を評価できる。ファイルサイズと輪郭線による評価曲線を図7に示す。横軸にファイルサイズ、縦軸に輪郭線の本数を示す。提案手法はガウスフィルタと比較して、輪郭線が保たれている。

以上より、提案手法は不必要な通過点の削減手法として有効であるといえる。

### 5. まとめ

本稿では、ベクトル化の際の符号化効率低下の要因となる直線・曲線上のノイズをラスター画像の段階で削減する手法について検討し、Freemanのchaincodeを用いた輪郭線の直線置き換え手法を提案した。ガウスフィルタと組み合わせることでさらなる削減が可能となることを示し、輪郭線の本数による評価を行った。

### 参考文献

- [1] "Potrace," <http://potrace.sourceforge.net/>
- [2] "bzip2, ver. 1.0.2," <http://sources.redhat.com/bzip2/>
- [3] 河村, 渡辺, 富永, "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] 山本, 河村, 渡辺, 富永, "二値画像のベクトル化における符号量削減に関する検討," 画像符号化シンポジウム PCSJ2004, P-2.04, Nov. 2004.
- [5] J.E.Bresenham, "Algorithm for Computer Control of a Digital Plotter," IBM Systems J., Vol.4, No.1, pp25-30, 1965.