

3W-4

## ベクター変換における符号化効率の改善

Improvement of Coding Efficiency for Vector Conversion

河村 圭<sup>†</sup>

山本 勇樹<sup>††</sup>

渡辺 裕<sup>†</sup>

Kei KAWAMURA<sup>†</sup> Yuki YAMAMOTO<sup>††</sup> Hiroshi WATANABE<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 早稲田大学大学院 国際情報通信研究科

<sup>††</sup> 早稲田大学理工学部 電子・情報通信学科

<sup>†</sup> Graduate School of GITS, Waseda Univ. <sup>††</sup> Dept. of Elec. Info. and Comm. Eng., WASEDA Univ.

### 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。しかし、現在利用可能な画像の多くはラスタ形式であるため、ベクトル化ツールの適用が必須である。また、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 [1]。

本稿では、レートディストーションの観点からベクター変換の符号化効率を改善する手法を提案する。また、JBIG のビットレートと比較してベクター表現の実用性を示す。

### 2 従来の符号量制御

#### 2.1 ガウスフィルタ

ガウスフィルタは、輪郭線における凹凸ノイズを削減する効果がある。ベクター変換の後段において線の統合がされやすくなり、符号量が削減される。フィルタ半径(分散)を大きくすると輪郭線が隣接している領域では輪郭線が消失する。その結果、さらに符号量は削減されるが再現性が著しく低下する [2]。

#### 2.2 座標解像度

ベクター表現におけるデータは、主に線の通過点の座標情報により構成される。そこで、ベクター表現に変換後の座標データに対して、座標解像度を削減することで符号量が削減される [3]。

### 3 発生係数のモデル化

#### 3.1 係数の分類

ベクター表現は閉曲線の集合として表現される。それぞれの閉曲線は、絶対座標による開始点、直前の点との相対座標による通過点、各点間の曲線の種類と膨らみ具合を表す付加情報からなる。付加情報は本来 0~1 の値を持つが、適当な精度を維持するために近傍の相対座標値によりスケールされ、整数として表される [4]。以上の 4 種類について、係数の発生モデルを検討する。

本稿では汎用のテキスト符号化に用いられるモデルを利用し、BWT (Burrows-Wheeler Transform), LZ77 (Lempel-Ziv 77), PPM (Prediction by Partial Match) を比較する。いずれもエントロピー符号化には Range-coder を利用する。

#### 3.2 予備実験

4 種類の係数について、モデルなしを含めた 4 つのモデルの符号化効率を確認する予備実験を行う。

テストシーケンスは 1200dpi, B5 サイズの線画像を 2 値画像としてスキャンした画像である。3 枚分の画像に対してベクター変換を適用して符号化を行い、発生符号量を合計した。表 1 に実験結果を示す。

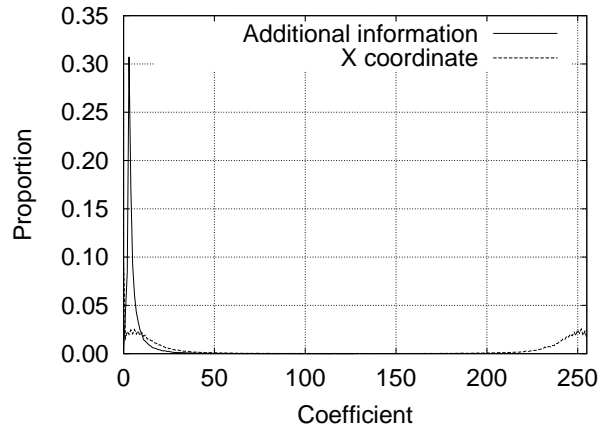


図 1 曲線の付加情報と通過点 ( $x$  座標) の係数分布

Symbol は係数の個数, Entropy は平均符号長 (bit/symbol), Codes は平均符号量 (byte) を示す。表中の数値は、モデルごとの発生符号量 (byte) と平均符号量に対するゲイン (%) を示す。座標データは、 $x$  座標と  $y$  座標をインタリーブの有無により比較を行った。coorda\_m はインタリーブした開始点, coorda\_s はインタリーブしない開始点, command は曲線の種類, addinfo は付加情報, coordr\_m はインタリーブした通過点, coordr\_s はインタリーブしない通過点, total は coorda\_s, command, addinfo, coordr\_s の合計を表す。

表 1 より、座標データはインタリーブしない方が効率が良いことがわかる。開始点は画像に依存するが、本実験では LZ77 方式が最適であった。曲線の種類を表す記号はたかだか 6 種類しかなく、同種の記号が連続するため圧縮されやすい。本実験では BWT モデルと PPM モデルが同程度で最適である。

付加情報と通過点の  $x$  座標の分布を図 1 に示す。付加情報は正の値のみを持ち、分布は非常に偏っている。平均符号量にくらべてほとんどゲインが得られず、モデルなしが最適である。通過点は正負の値を持ち、分布は 0 近傍と 255 近傍に偏っている。ここで、255 は -1 を表す。いずれのモデルも平均符号量にくらべてほとんどゲインを得られず、モデルなしで十分である。

すべてを同じモデルで扱う場合には BWT モデルが最適である。

### 4 提案手法

係数の発生モデルは、係数の種類により異なる。そこで、係数の種類により符号化系列を分離する。次に、それぞれの発生モデルに即したモデルを利用する。

本稿では、開始点と曲線の種類についてはモデル化が有効であると判断し、BWT モデルを利用する。付加情

表 1 各係数におけるモデルによる符号化効率の比較

	Symbol	Entropy	Codes	no model	BWT	LZ77	PPM
coorda_m	34,124	7.3	31,154	30,724 1.4%	30,066 3.5%	<b>25,185</b> <b>19.2%</b>	33,764 -8.4%
coorda_s	34,124	7.2	30,431	30,255 0.6%	28,009 8.0%	<b>24,511</b> <b>19.5%</b>	31,838 -4.6%
command	185,957	1.7	40,374	25,292 37.4%	23,429 42.0%	28,217 30.1%	<b>23,296</b> <b>42.3%</b>
addinfo	257,554	3.9	122,491	<b>118,932</b> <b>2.9%</b>	119,751 2.2%	124,596 -1.7%	134,804 -10.1%
coordr_m	320,728	6.6	262,490	263,382 -0.3%	259,259 1.2%	<b>258,490</b> <b>1.5%</b>	287,654 -9.6%
coordr_s	320,728	6.6	261,210	257,111 1.6%	257,202 1.5%	<b>252,970</b> <b>3.2%</b>	286,534 -9.7%
total	578,282	6.3	454,506	431,590 5.0%	<b>428,391</b> <b>5.7%</b>	430,294 5.3%	476,472 -4.8%

報と通過点についてはすでに係数の偏りが見られるため、モデルなしとする。エントロピー符号化には RangeCoder を利用する。

また、入力画像にガウスフィルタを適用し、輪郭線上のノイズを除去してからベクター変換を行うことで、さらに符号化効率が向上する。

### 5 シミュレーション実験

提案手法を実装し、シミュレーション実験を行った。テストシーケンスの条件は予備実験と同様である。座標解像度は 2~1/4 倍 (2, 1, 2/3, 1/2, 2/5, 1/3, 2/7, 1/4 倍) まで変化させた。テストシーケンスのうち 1 枚分のレートディストーションを図 2 に示す。

横軸に 1 画素あたりのビット量、縦軸に画像全体に占めるオリジナルとの差分画素の割合を示す。Proposed method はモデル化のみを行った場合、Proposed method2 は分散 2 のガウスフィルタを適用した後、モデル化を行った場合、Conventional method はモデル化を行わずに汎用のテキスト圧縮プログラムを利用した場合、JBIG with Gaussian filter は分散の値を 0~4 まで 0.5 間隔で変化させたガウスフィルタを適用した後 JBIG によりロスレス符号化を行った場合である。

図 2 より、同品質で比較してモデル化の適用により  $0.3 \sim 0.8 \times 10^{-3}$  bit/pel、ガウスフィルタの適用により  $0.8 \sim 1.5 \times 10^{-3}$  bit/pel の符号量をそれぞれ削減できることが確認できる。

座標解像度が等倍のベクター表現は、ロスレスの JBIG よりビットレートが低くなり、符号化として実用であると考えられる。

### 6 おわりに

本稿では、レートディストーションの観点からベクター変換の符号化効率を向上させる手法を提案した。係数の発生モデルについて検討し、開始点と曲線の種類には BWT モデル、付加情報と通過点にはモデルなし、エントロピー符号化に RangeCoder を利用する手法を提案した。提案手法は最大  $0.8 \times 10^{-3}$  bit/pel、ガウスフィルタ

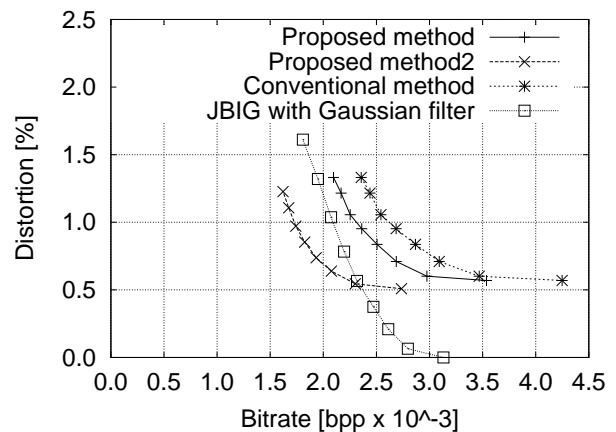


図 2 各種法におけるレートディストーション

と組み合わせることで最大  $1.5 \times 10^{-3}$  bit/pel の符号量を削減できることをシミュレーション実験により確認した。また、JBIG よりもビットレートが低く、ベクター表現の実用性を示した。

### 参考文献

- [1] K.J. O'Connell, "Object-Adaptive Vertex-Based Shape Coding Method," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 7, No. 1, Feb. 1997.
- [2] 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," PCSJ2004 画像符号化シンポジウム資料 19th, P-2.04, Nov. 2004.
- [3] 河村, 山本, 渡辺, "ベクター表現の階層符号化に関する検討," 情処研報 2004-AVM-47, no.23, Dec. 2004.
- [4] Peter Selinger, "Potrace: a polygon-based tracing algorithm," <http://potrace.sourceforge.net/potrace.pdf>, 2003.