

時空間スケーラビリティを考慮したセルアニメーションにおける  
エッジ再構成に関する一検討

A Study on Edge Reconstruction for Cell Animation with Spatio-temporal Scalability

山本 勇樹 河村 圭 渡辺 裕

Yuki Yamamoto Kei Kawamura Hiroshi Watanabe

1 はじめに

近年、電子コンテンツとその閲覧端末の多様化により、時空間スケーラビリティをもったコンテンツの符号化を行う必要が高まっている。SVCを始めとする従来のDCTベースの符号化方式でセルアニメーションなどの人工的なコンテンツ映像を符号化すると、急峻なエッジの周辺でモスキートノイズが発生する。また、拡大処理によりジャギーが、縮小処理により線の欠落が生じる。

ベクトル表現は、表示する解像度に依存しない手法である。エッジ成分の符号化に用いることで、拡大・縮小時の線の品質保持が可能となる。また、オブジェクト単位の構造化を行い、フレーム間での相関をとることで、時間スケーラビリティの確保も可能となる。

本稿では、時空間スケーラビリティの確保に加え、拡大・縮小時の線の保持を目的として、まずは静止画像において検討を行う。エッジ成分をベクトル表現で圧縮し、DCT変換とのハイブリッドな符号化を行うことで、従来のDCTベースの静止画像符号化方式と比べて、優れた性能を得ることができる。

2 従来手法と問題点

エッジの分離・再構成に関する研究としては、一枚の画像を任意形状のオブジェクトに分割する研究が広く行われ、MPEG4などで導入されている。またエッジの復元に関する研究として、wavelet変換後の画像に対してエッジモデルを導入した研究がある[1]。しかし、これらはいずれも時空間スケーラビリティの確保はなされず、縮小時の線の欠落への対応は困難である。

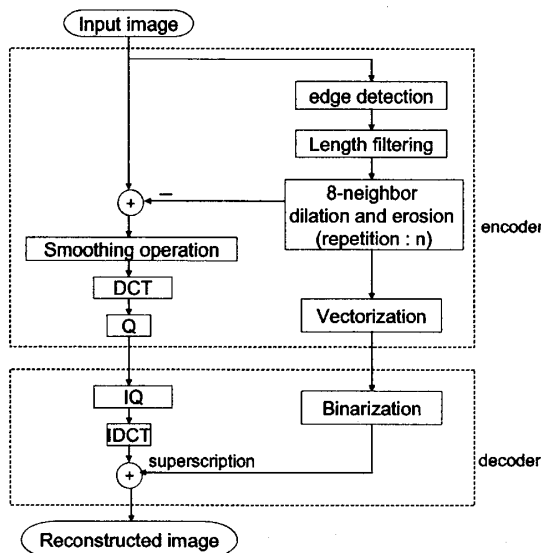


Figure 1: Processing flow of proposed method

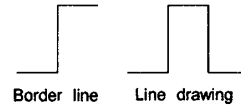


Figure 2: Class of line

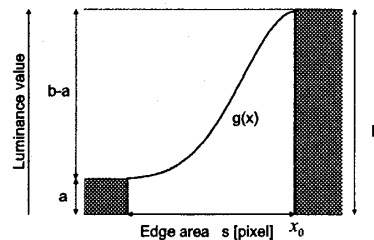


Figure 3: Smoothing method

一方、アニメーション画像を、DCTベースのMPEGで符号化すると、モスキートノイズに加え、ブロック歪みや動物体の劣化も生じることが知られている[2]。これらの問題に対するアニメーションに特化した符号化方式としては、線画と均等色領域、背景に分割して符号化する研究がある[3]が、時空間スケーラビリティの考慮はなされていない。

3 提案手法

我々は、通常の時空間スケーラビリティの確保に加え、線の保持を目的として、ベクトル表現を用いたエッジの再構成手法を提案する。処理フローを図1に示す。

まずエッジ抽出を行い、処理画像に対して周囲長の短い画素集合を取り除く。次に、DCT変換における符号化効率向上、ならびにモスキートノイズ低減のために、エッジを8近傍に数回膨張・収縮を行う。エッジは、図2のように、大きく線画と境界線に分けられるが、この処理により隣接した境界線を線画として扱うことが可能となる。これをエッジ画像とし、ベクトル化を行う。エッジの輝度情報は、エッジをラベリングしてそれぞれ与える。

一方、入力画像からエッジ成分を除いた画像に対して、エッジ領域の平滑化を行う。図3に平滑化の様子を示す。ガウス関数を利用して、式1でx方向、y方向にそれぞれ平滑化を行う。

$$g(x) = a + (b - a) \exp\left(-\frac{(x - x_0)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

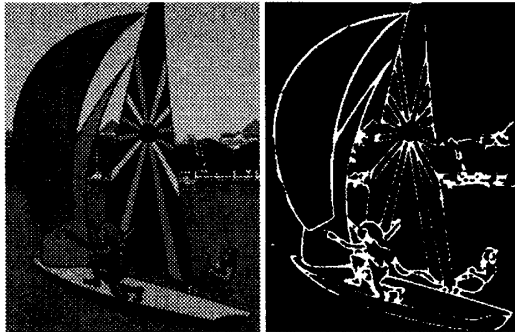
$$\text{where } \begin{cases} \exp\left(-\frac{s^2}{2\sigma^2}\right) < 1.0 \times 10^{-3} \\ \sigma = \frac{1}{\sqrt{14}}s \end{cases} \quad (2)$$

ここでガウス関数の標準偏差σの値は、式2の上式の条件を与え、平滑化を行う距離s[pixel]を用いて算出を行う。この平滑化により、DCT変換に適した低周波成分から構成される画像を得る。そして、DCT変換ならびに量子化を行う。

デコーダ側の処理として、平滑化後に符号化した画像に対しては、逆量子化ならびに逆DCTを施す。エッジ成分

Table 1: Experiment condition

Image size	width:334 hight:426[pixel]
Edge detection	Canny operator
Repetition : n	1
Length filtering	30[pixel]
Vector coding	EPS(by potrace)
DCT coding(intra)	JPEG



(a) Input image

(b) Edge image  
EPS:0.194[bit/pel](c) Smoothed image  
JPEG:0.501[bit/pel](d) Reconstructed image  
EPS+JPEG:0.695[bit/pel]  
PSNR:31.90[dB]

Figure 4: Modified images

に対しては、ラスタライズし輝度情報を加える。これを上書きすることで、再構成画像を得る。

#### 4 実験と考察

提案手法を実装し、実験を行った。実験条件を表1に示す。入力画像は、図4(a)のように急峻なエッジを含むアニメーション画像を用い、まず canny operator[4]によってエッジを抽出した。canny operatorは、ガウスフィルタによる平滑化の後、微分オペレータを施すフィルタである。勾配と濃度積によって抽出するため、エッジは細線化される。膨張・収縮処理は各一回ずつ施した。ベクトル表現はベクトル化ツール [5]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、汎用のテキスト圧縮ツール [6]で圧縮した。今回はイントラ画像を対象とするため、DCT変換ならびに量子化は JPEG を利用した。

図4において、エッジ画像を (b) に、平滑化画像を (c) に、再構成画像を (d) に示す。図4より、(b)のエッジ画像と(c)の平滑化画像とを再構成することにより、(d)の画像が得られることが分かる。

また、本実験での R-D 曲線を図5に示す。ここで、提案手法における符号量は、JPEG 画像と、ベクトル画像の

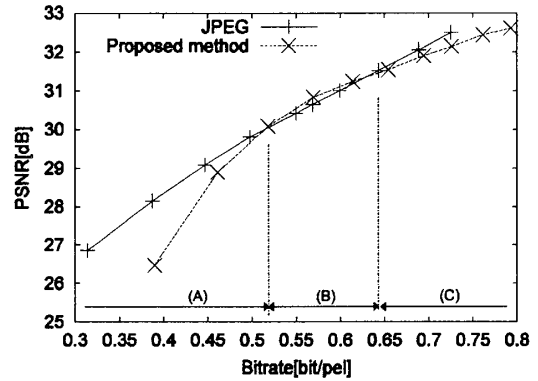


Figure 5: Evaluation

ファイルサイズを足し合わせたものとする。

本手法では、エッジ除去後の画像に平滑化処理を施すことにより、高周波成分が削減され、量子化後の符号量削減が可能となった。また、平滑化によるモスキートノイズの低減で、品質が向上することを確認した。一方、ベクトル表現の導入により、抜き出すエッジの量に比例して符号量は増加する。

図5より、(B)の範囲において、提案手法は既存の JPEG 符号化と比べて最大で約 0.2 [dB] のゲインを得られることがわかった。(C)の範囲では、モスキートノイズによる劣化はあまり起きず、平滑化による効果が十分に表れていない。一方、(A)の範囲では、ハイブリットな符号化におけるベクトル表現の占める符号量が相対的に大きくなり、符号量を十分に削減できないと考えられる。

#### 5 まとめ

本稿では、通常の時空間スケーラビリティの確保に加え、セルアニメーション符号化における線の保持を目的として、解像度に依存しないベクトル表現を導入した。エッジ成分をベクトル表現で圧縮し、DCT変換とベクトル表現によるハイブリットな符号化方式を提案した。本手法によって、時空間スケーラビリティの確保と線の保持が可能になり、エッジ付近に生じる多数のモスキートノイズを抑えられることがわかった。R-D 曲線を利用した判定によるフレキシブルな符号化方式の選択により、効果的な符号化が可能になると考えられる。

#### 参考文献

- [1] Guoliang Fan, Wai-Kuen Cham, "Model-based Edge Reconstruction for Low Bit-rate Wavelet-compressed Images," IEEE Trans Circuits Syst Video Technol, Vol.10, No.1, pp. 120-132, Feb. 2000.
- [2] 渡辺, 酒澤, 滝嶋, 和田, "アニメーション画像の MPEG 符号化による雑音の主観評価," 信学全大, D-11-5, Mar. 2002.
- [3] Nakagami, O. Miyazawa, T. Watanabe, H. Tominaga, H. "A Study on Two-layer Coding for Animation Images," IEEE International Conference on ICME2002, Vol. 1, pp. 26-29, Aug. 2002.
- [4] Canny J, "A Computational Approach to Edge Detection," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. 8, No. 6, pp. 679-698, Nov. 1986.
- [5] "Potrace," <http://potrace.sourceforge.net/>
- [6] "bzip2, ver.1.0.2." <http://sources.redhat.com/bzip2/>