

# 二層構造によるアニメーション画像符号化の検討

A Study on Two-layer Coding for Animation Images

中神 央二\*<sup>1</sup>      宮澤 敏記\*<sup>2</sup>  
Uuji NAKAGAMI\*<sup>1</sup>      Toshinori MIYAZAWA\*<sup>2</sup>  
† 早稲田大学大学院 国際情報通信研究科  
† Graduate School of GITS, WASEDA Univ.

渡辺 裕\*<sup>1</sup>      富永 英義\*<sup>1,2</sup>  
Hiroshi WATANABE\*<sup>1</sup>      Hideyoshi TOMINAGA\*<sup>1</sup>  
‡ 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 Univ.

## 1 はじめに

今日、Discrete Cosine Transform (DCT) を基盤においた符号化方式は、MPEG や JPEG をはじめとして、画像の圧縮に広く用いられている。しかしながら、DCT ベースの手法は、必ずしも全ての種類の画像に適しているとは限らない。ある種の画像は、その特性を考慮することで、より効率良く符号化することが可能である。これを、我々は Content oriented coding と呼び、その具体例として、アニメーション画像符号化の研究に取り組んでいる [1]。

## 2 二層による符号化

一般にアニメーション映像を作成する際には、水彩画で描かれた背景の上に、セル画によるキャラクタを重ねて撮影される。セル画の部分は、動きを表現するため枚数が多いという都合上、通常は線画とべた塗り部分、すなわち均等色領域として表現される。

アニメーション画像を、DCT で符号化する際に相性が悪いのは、主にセル画の部分であるといえる。線画やキャラクタの顔部分など均等色の領域の輪郭で、輝度・色差が激しく変化するため、多くの高周波成分が存在する。高い圧縮率を得るため、DCT 変換後の係数を量子化する段階で、これら高周波成分が失われると、復号時にモスキートノイズとして画質劣化を招く。

提案手法においてアニメーション画像は、基本層と付加層の 2 層で符号化する。図 1 に、符号化処理の流れ図を示す。

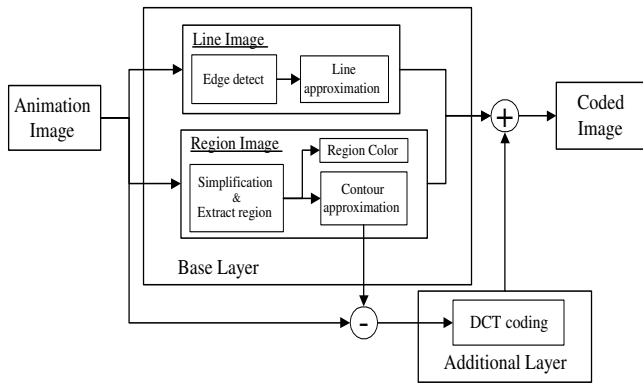


図 1 符号化の流れ

### 2.1 基本層の作成

基本層では、均等色領域と、線画の部分に着目して符号化する。まず、原画像から微分フィルタを用いて線画を抽出する。次に、同じく原画像から、領域成長法 [3] を用いて均等色領域を抽出し、各領域の輪郭線と代表色を抽出する。線画や均等色領域の輪郭として検出された線に対し、線近似の手法を用いて、有意点を生成する。復号時には、この有意点情報から元の点列を再構成できるため、元画像よりも符号化量を減らすことが可能になる。

ところで、アニメーション画像における背景領域は、自然画に近い性質をもつため、領域成長法のみでは全ての背景領域を均等色領域として抽出することが不可能である。そこで、前置処理として平滑化を用いることで、背景領域におけるグラデーションや、テクスチャ情報など均等色領域として抽出できない情報を消去する。この後に領域成長法を用いることで、べた塗りの部分ではない背景領域及び近似された均等色領域を抽出することが可能になる。これによりアニメーション画像中で、べた塗りで描かれている部分からも、背景領域

として描かれている部分から、均等色領域を抽出することが可能になる。

以上の要件を満たす平滑化フィルタの一つとして、Connected Filter を用いた [4]。このフィルタの利点は、元画像におけるエッジ成分を完全に残すことにある。このフィルタをアニメーション画像に対して用いることにより、アニメーションに多いエッジの情報を保ったまま、背景領域に含まれる、グラデーションや細かな情報を消去することができる。

この後、領域成長法を用いることで、背景部からも、ある程度の大きさの領域が抽出可能になり、画像全体を均等色領域の集合として表現できる。

#### 2.1.1 実験結果

図 2 と図 3 に、基本層の作成結果を示す。元画像の解像度は  $352 \times 240$  [pixel] で、色空間は YCbCr、サンプリング比 4:1:1 である。一般的なアニメーション画像から、背景を含まない画像 (図 2(a)) と含む画像 (図 3(a)) を選び、符号化を行った。



(a) 元画像

(b) 基本層の作成結果

©The Dog of Flanders Prod.

図 2 背景領域がない画像 (“dog1”)



(a) 元画像

(b) 基本層の作成結果

©The Dog of Flanders Prod.

図 3 複雑な背景領域を含む画像 (“dog2”)

抽出した領域についてのデータを表 1 に示す。図 2 では、背景領域を含まず単純なため、抽出される領域数は少ない。一方、図 3 では、平滑化の結果として背景領域から抽出される領域の一つ一つが小さいため、各領域の平均の輪郭点数は小さくなる。

これらの出力結果は SVG 形式とした。なお、ここで示すサイズに関しては、SVG を可逆圧縮した SVGZ 形式のものを示した。

輪郭線の近似に関しては、[2] のアルゴリズムを用いた。各領域について、元の領域を構成する点数の 1 割程度まで点数の削減が可能になっている。

### 2.2 付加層の作成

基本層で符号化される情報は、画像中の形状の有意点情報と、各均等色領域内の色情報のみなので、符号化される情報は少ない。しかし、全体を均等色領域として近似することにより、背景領域を多く含むような画像では符号化品質が損

表 1 抽出した領域とデータサイズ

	“dog1”	“dog2”
領域数	27	41
平均輪郭点数	360	291
平均有意点数	43	31
圧縮率 [%]	11.9	10.6
サイズ [KB]	3.26	5.17

なわれる。そこで、さらに差分情報を加えることで、背景領域の均等色近似による誤差を補う。これを付加層とし、前述の基本層に追加することで、高品質な符号化画像を実現する。

元画像と、線画と抽出した全ての均等色領域を合成したものの差を、差分画像と定義する。差分画像には、主に平滑化により失われた、比較的高い周波数成分を持つ情報が含まれる。このような画像には、周波数成分に着目した符号化方式が適しているといえる。

また、差分情報は、元画像と線画・均等色領域による近似画像の差全体を1つの画像として扱うのではなく、各均等色領域について元画像との違いを求め、さらに、それらをブロック単位で扱う。これにより、符号化するブロックを選ぶことで、ユーザが目的に応じて符号化量と品質の制御を行うことも可能になる。次に、付加層の符号化手順を示す。

1. 差分画像を  $8 \times 8$  画素のブロックに分割する。
2. 近似した均等色領域の一つ一つについて、上にかかるブロックを調べる。
3. 該当するブロックにおいて、均等色領域と元画像の差分  $D$  を式 (1) 及び式 (2) で求める。
4.  $D$  の大きなブロックから優先的に符号化する。

$$D(i, j) = P_o(i, j) - P_h(i, j) \quad (1)$$

$$D = \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 D(i, j) \quad (2)$$

ただし、 $P_o(i, j)$  及び  $P_h(i, j)$  は、元画像と、対応する均等色領域における点  $(i, j)$  の画素値である。

### 2.2.1 均等色領域の輪郭部を含む領域における処理

均等色領域の輪郭を含むブロックにおいても、差分情報を符号化する。抽出された領域が、 $8 \times 8$  画素のブロックより小さい場合や、複雑な形状をしており差分画像に輪郭を含むブロックが多く含まれる場合に効果がある。

ただし、通常の DCT、量子化という手順により符号化を行った場合、差分画像においても輪郭を含むブロックではモスキートノイズが発生する。これは、ブロック中において、均等色領域ではない部分と元画像の差がエッジとなることによる。

そのため、パディング処理を行うことでこの問題を解決する。比較的差分画像の値に近い、偽の値を、画像のない部分に詰め込むことを行う。これにより、DCT 変換を行った周波数領域でのブロック情報を低周波成分に集めることが可能になる。図 4 に、パディング処理の様子を示す。

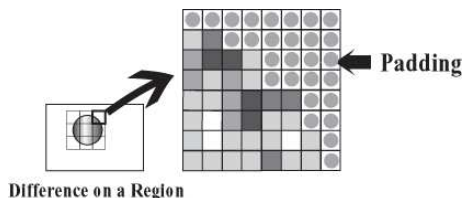


図 4 パディング処理

### 2.2.2 差分の大きいブロックの優先的符号化

各差分ブロックについては、全てを符号化するのではなく、含まれる情報の絶対値が大きいものから優先的に符号化する手順をとる。

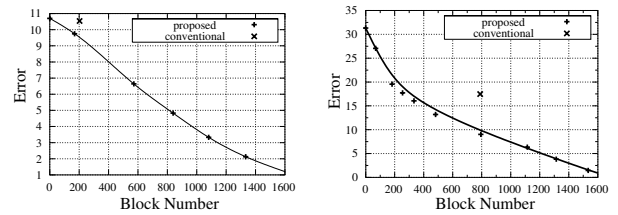
差分情報は、色と形状の正確な近似が行われている部分においては、その絶対値が小さいものと考えられる。すなわち、

キャラクタなど元画像においてべた塗りの部分を近似した領域については、均等色領域による近似の誤差が小さい。このような領域は、差分を DCT で符号化したとしてもその効果は薄い。一方、平滑化操作を行った背景領域では、元々均等色領域ではない訳であるから、この部分でのブロックにおいて差分情報が多く含まれる。

したがって、差分情報の絶対値が大きいブロックから優先的に符号化を行えば、より効率よく差分情報を補うことができる。

### 2.2.3 実験結果

図 5 に差分を符号化した場合の実験結果を示す。横軸は符号化ブロック数、縦軸は式 (3) により求めた符号化誤差である。



(a) “dog1”

(b) “dog2”

図 5 付加層の効果

$$Error = \sum_{i=0}^{x\_size-1} \sum_{j=0}^{y\_size-1} \frac{abs(P_o(i, j) - P_c(i, j))}{x\_size \times y\_size} \quad (3)$$

従来手法では、線画、均等色領域として抽出できなかった領域を DCT により符号化するブロックとするため、データは 1 点のみ得られる。誤検出した背景領域の近似誤差により、符号化誤差が大きくなる。提案手法では、符号化差分ブロックが増加すると、誤差の減少の割合は緩やかになる。後半になる程、差分ブロックに含まれる情報が少なくなり、補正の効果が薄いからである。同じ符号化ブロック数において、従来手法より誤差を減らすことが可能になった。

また、背景領域が複雑である dog2 では、均等色領域の多い dog1 に比べ、差分ブロック補正が行われない場合の誤差が大きい。従って、このような画像では、付加レイヤの必要性が高いといえる。

3 まとめ  
高圧縮を目的に画像全体を領域に分割し、各輪郭を関数近似により表現することを提案し、ベクタ情報のみで表現される基本層を作成した。さらに、近似により失われた差分情報を補足するための DCT 変換という方式を付加層と定義し、アニメーション画像を階層的に符号化するための検討を行った。

### 参考文献

- [1] 宮澤，亀山，渡辺，阪谷，富永，“アニメーション画像符号化の基礎検討”，通信学会総合大会，pp.66, D-11-66, Mar. 2001
- [2] 宮澤，中神，亀山，渡辺，富永，“Dynamic Programming によるセル画アニメーション内均等色領域輪郭線符号化の検討”，情処研報，AVM36-12, 2002.
- [3] R. Adams and L. Bischof, “Seeded Region Growing,” *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 16(6), pp 641-647, Jun. 1994.
- [4] P. Salembier and J. Serra, “Flat Zones Filtering, Connected Operators, and Filters by Reconstruction,” *IEEE Transactions on image processing*, Vol.4, No.8, pp.1153-1160, Aug. 1995.
- [5] C. A. Christopoulos, W. Philips, A. N. Skodras and J. Cornelis, “Segmented image coding: Techniques and experimental results,” *Signal Processing:Image Communication*, Vol.11, pp.63-80, Nov. 1997.

### 参考文献

- [1] 宮澤，亀山，渡辺，阪谷，富永，“アニメーション画像符号化の基礎検討”，通信学会総合大会，pp.66, D-11-66, Mar. 2001
- [2] 宮澤，中神，亀山，渡辺，富永，“Dynamic Programming によるセル画アニメーション内均等色領域輪郭線符号化の検討”，情処研報，AVM36-12, 2002.
- [3] R. Adams and L. Bischof, “Seeded Region Growing,” *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 16(6), pp 641-647, Jun. 1994.
- [4] P. Salembier and J. Serra, “Flat Zones Filtering, Connected Operators, and Filters by Reconstruction,” *IEEE Transactions on image processing*, Vol.4, No.8, pp.1153-1160, Aug. 1995.
- [5] C. A. Christopoulos, W. Philips, A. N. Skodras and J. Cornelis, “Segmented image coding: Techniques and experimental results,” *Signal Processing:Image Communication*, Vol.11, pp.63-80, Nov. 1997.