

2P-9

# 視覚情報処理過程を考慮した 特徴抽出符号化法

伊藤裕二 中村康弘 松井甲子雄

防衛大学校情報工学科

## 1. まえがき

従来の画像符号化法は、画像を統計的な不規則信号とみなし、その統計的冗長度を圧縮する波形符号化であった。これに対して、画像が構造を持つ図形の集まりとみなして、画像の輪郭情報や領域情報などの2次元特徴量を利用して符号化しようという試みがある。これは、人間の視覚系における情報処理を模した手法で、第2世代符号化<sup>(1)</sup>と呼ばれている。

この報告では、人間の視覚情報処理過程<sup>(2)</sup>を考慮した第2世代符号化の一手法を提案する。本手法では、被写体の輪郭線を直線で近似したスケッチ画像を特徴として用いる。再生画像は、信号レベルでは原画像との差異は大きいですが、受信者である人間にとっては、内容を十分に認識できると考えられる。

## 2. 視覚情報処理過程と符号化手順

### 2.1 視覚情報処理過程<sup>(2)</sup>

被写体は、網膜上で電氣的映像に変換され、これが神経節細胞を経て、大脳の視覚中枢に伝送される。そして、大脳の視覚中枢は、単純、複雑型等の反応性をもつ数億の細胞により、幾何学的特徴を分析する。ここでは、最初に、輪郭の特徴を直線成分に分解して捉える。単純型細胞は輪郭の微細な構造に、複雑型細胞は輪郭のおおまかな構造に反応する。また、超円柱と呼ばれる配列の中には、輪郭の傾斜に反応する方位円柱や色及びコントラストに反応する色コントラスト円柱などが存在する。このように視覚中枢は様々な形状の要素に対して選択的に反応する多数の神経細胞を備えており、被写体が投影されたときに、その輪郭形状に反応する円柱を、その形状特徴として抽出している。

### 2.2 符号化手順

前節の視覚情報処理過程に適合した特徴抽出符号化法を考える。符号化の原理は、次のようになる。

- a) 画像をエッジ部分と平坦部分に分ける。
- b) エッジ部分では空間解像度が最大になると考えられるので、画素単位でエッジの形状を表現する。

c) エッジでは輝度のコントラストに反応することから、その両側における2つの値で輝度情報を表現する。但し、エッジは、局所的な輪郭形状を表し、その集合をエッジ部分と呼ぶことにする。この原理を手順で表すと以下ようになる。

手順1: スケッチ画像を抽出する。

手順2: スケッチ画像をもとに、エッジが存在する部分領域を定義し、各部分領域をブロック符号化<sup>(3)</sup>する。そして、エッジの形状を分解能成分で、また、輝度情報を階調成分で表現する。

## 3. 特徴抽出符号化アルゴリズム

### 3.1 スケッチ画像の抽出

原画像からスケッチ画像を抽出する手順の概要を図1に示す。また、スケッチ画像の例を図2に示す。

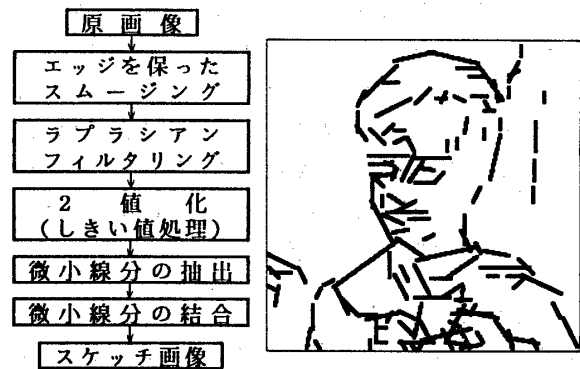


図1 スケッチ画像の抽出手順

図2 スケッチ画像の例

このスケッチ画像は、16方向に量子化されたT本の直線(これを、疑似直線と呼ぶ)で構成され、これらを、 $e_i$  ( $i=1, \dots, T$ ) で表す。また、 $e_i$ の始点画素位置を  $(x_i, y_i)$ 、 $e_i$ の方向を  $N_i$  ( $N_i=1, \dots, 16$ )、 $e_i$ の長さを  $L_i$  で表す。

### 3.2 エッジの構造抽出

$e_i$ を軸として表される部分領域を  $\varepsilon_i$  で表す。

step 1: まず、すべての部分領域  $\varepsilon_i$  について、ブロック符号化<sup>(3)</sup>を行う。このとき、分解能成分(0,1で表現する)は、エッジの方向と平行に高い相関があることから、これを圧縮して符号化する。図3に、 $\varepsilon_i$ の例 ( $N_i=9, L_i=2$ の場合)を示す。この図で、 $k=0$ は  $e_i$ 上の画素を示し、 $e_i$ の上側には負号をつけて表す。

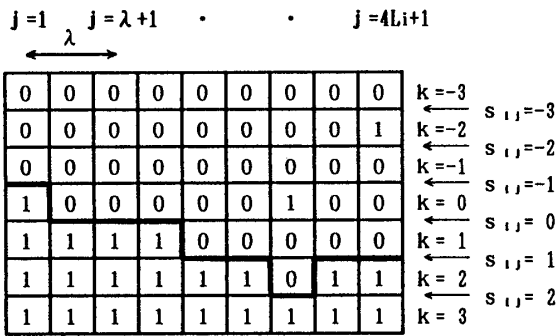


図3  $\epsilon_i$ の例 ( $N_i=9, L_i=2$ )

step 2:  $\epsilon_i$ に存在するエッジの断面形状(エッジのどちら側が明るい)を決定する。そのために、 $k$ が大きくなる方向に $\epsilon_i$ の分解能成分の変化を見る。 $0 \rightarrow 1$ の変化の個数が $1 \rightarrow 0$ の変化の個数以上であれば、エッジの上側が明るいと判断する。これを、01パターン、また、逆の場合を、10パターンと呼ぶことにする。図3の場合は、01パターンである。

step 3: 次に、エッジの2次元形状を決定する。まず、 $\epsilon_i$ 上で  $(x_i, y_i)$  から  $\lambda$  ( $\lambda=2$  or  $4$ ) 画素間隔に  $k$ が大きくなる方向に $\epsilon_i$ の分解能成分の変化を見る。 $01$ パターンの場合、ノイズの存在を考慮して、 $0 \rightarrow 1 \rightarrow 1$ のシーケンスの中の  $0 \rightarrow 1$ の変化のところにエッジが位置すると判断する。そして、 $(x_i, y_i)$  から  $j$  番目の画素と実際のエッジとの位置の誤差を  $s_{ij}$  で表し、これを  $k$  の値を用いて表現する。この場合は、0の位置に相当する  $k$  の値を、 $s_{ij}$  に代入する。図3に、エッジの位置を太線で示す。

3.3 データの符号化

前節までの処理で抽出した各種のデータを効率的に符号化する。原画像の大きさを  $2^d \times 2^d$  画素とすると、スケッチ画像のデータ量は、 $(2^d + 4)T + 80$  ビット以下となる。次に、 $s_{ij}$  と  $\Delta s_{ij} (= s_{ij} - s_{ij-\lambda})$  をハフマン符号化する。そして、階調成分  $\delta_{1i}, \delta_{0i}$  を各5ビットで符号化する。表1に符号化データを示す。

表1 符号化データ

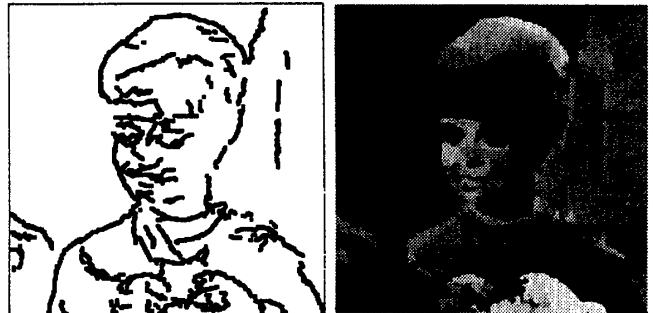
データ名	表	記
各方向毎の疑似直線の数	$t_n$	$(N=1, 2, \dots, 16)$
疑似直線群	$E = \{e_i; x_i, y_i, L_i \mid (i=1, 2, \dots, T)\}$	
エッジの2次元形状	$s_{ij}, \Delta s_{ij}$	$(i=1, 2, \dots, T; j=\lambda+1, 2\lambda+1, \dots, (4L_i/\lambda) \times \lambda+1)$
エッジの輝度情報	$\delta_{1i}, \delta_{0i}$	$(i=1, 2, \dots, T)$

4. 復号化手順

符号化データから、まず、スケッチ画像、 $\delta_{1i}, \delta_{0i}$  を復号する。そして、エッジの2次元形状については、 $s_{ij}$  と  $\Delta s_{ij}$  の系列から、 $s_{ij}$  ( $j=1, \lambda+1, 2\lambda+1, \dots, (4L_i/\lambda) \times \lambda+1$ ) を復号し、それらの間の  $s_{ij}$  については線形補間を行う。この際、エッジを囲む複数の領域が重なり合う場合は、該当する画素に平均値を与える。そして、平坦部分の輝度値については、エッジ部分の輝度情報をもとに、2次元補間により再生する。

5. 実験結果

SIDBAの標準画像GIRL(256X256画素8ビット)に対して本手法を適用した結果を示す。人物像では、エッジの2次元形状が比較的緩やかな曲線を描いていることから、 $\lambda=4$ とした。エッジの2次元形状及び再生画像を図4に示す。



(a) エッジの2次元形状 (b) 再生画像

図4 エッジの2次元形状及び再生画像

この場合、 $T=133$ 、再生に必要な符号量の合計は、6290ビットであり、圧縮率は約83:1となる。図4(b)では、鼻の部分など弱いエッジで、ボケによる劣化が見られる。しかしながら、この再生画像は、画像全体としての内容を十分に再現している。

6. むすび

この報告では、視覚情報処理過程を考慮した特徴抽出符号化法を提案した。そして、人物像に対して本手法を適用し、80:1以上の高い圧縮率で、認識可能な画像が再生できることを確認した。

文 献

- (1) M.Kunt et al.: "Second-Generation Image-Coding Techniques", Proc. IEEE, Vol. 73, No. 4, pp. 549-574 (1985)
- (2) 南雲: "生体における情報処理", 岩波書店, pp. 1-28 (1986)
- (3) 岸本他: "静止画像のブロック符号化法", 信学論(B), Vol. J62-B, No. 1, pp. 17-24 (1979)