

07 多重スケール輝度勾配のベクトル量子化による輪郭の分類

樋浦裕二, 中静 真, 菊池和久, 石井郁夫, 牧野秀夫

新潟大学 工学部

1. はじめに

離散 2 進ウェーブレット変換は、直交ウェーブレット変換とは異なり、原信号に対してシフト不変な表現となる。それぞれのスケールでの特異点を検出し、リップシツ指数により特異点上での高次導関数の微分可能性を記述できる^[2]。

本報告では、この性質を利用し、画像輪郭を多重スケール輝度勾配情報から利得/波形ベクトル量子化を用いて分類する。まず、水平、垂直方向のウェーブレット変換を 2 乗和により統合する。これは、多重スケールにより輝度勾配を導出することによって一致することから、これを多重スケール輝度勾配とよぶ。この多重スケール輝度勾配に対して、極大値で標本化することで画像の輪郭を抽出する。さらに、各スケールの輝度勾配からベクトルを構成し、ベクトル量子化を適用することで輪郭を輝度勾配の大きさとリップシツ指数から分類する。また、この分類結果から、輪郭座標、輝度勾配情報、低域通過成分と 3 つに分けて符号化することで、超低ビットレートでの輪郭抽出符号化法^[3]を試みる^[3]。以下、ウェーブレット変換による輪郭抽出、輝度勾配情報のベクトル量子化、最後に画像圧縮について説明する。

2. 離散 2 進ウェーブレット変換による輪郭の抽出

離散 2 進ウェーブレット変換は、原画像 $f(m, n)$ に対して、

$$\left\{ S_j f, (W_j^{(1)} f)_{1 \leq j \leq J}, (W_j^{(2)} f)_{1 \leq j \leq J} \right\} \quad (1)$$

と定義される。ここで、 $S_j f(m, n)$ はスケール 2^j における平滑化画像を示し、 $W_j^{(1)} f(m, n)$ および $W_j^{(2)} f(m, n)$ はスケール 2^j での水平、垂直方向のウェーブレット変換を示す。水平、垂直方向のウェーブレット変換を統合するために、それぞれの方向の 2 乗和の平方根、

$$M_j f(m, n) = \sqrt{(W_j^{(1)} f(m, n))^2 + (W_j^{(2)} f(m, n))^2} \quad (2)$$

を多重スケール輝度勾配と呼ぶことにする。

この多重スケール輝度勾配に対して、原画像 $f(m, n)$ の輪郭抽出のために、1 もしくは 0 をとる関数 $U \cdot M_j f(m, n)$ を定義する。これは、

$$M_j f(m, n) \geq M_j f(m+1, n) \quad (3a)$$

かつ、

$$M_j f(m, n) \geq M_j f(m-1, n) \quad (3b)$$

となる座標 (m, n) 、または、

$$M_j f(m, n) \geq M_j f(m, n+1) \quad (4a)$$

かつ、

$$M_j f(m, n) \geq M_j f(m, n-1) \quad (4b)$$

となる座標 (m, n) で $U \cdot M_j f(m, n) = 1$ をとり、それ以外で $U \cdot M_j f(m, n) = 0$ をとる。この極大値抽出操作を施すことで、輪郭座標 $U \cdot M_j f(m, n)$ を抽出する。本報告では輪郭座標として $j = 2$ とし、以下の輪郭、

(1) しきい値 1/8 以下を除去

(2) 連続する点数が 5 点以下を除去

(3) 高周波数に局在するテクスチャ成分の除去のために、 $M_1 f(m, n) \geq 2 \cdot M_2 f(m, n)$ となるものを除去

を除去し、視覚的に主要な輪郭を抽出した(図 1)。

3. 輝度勾配情報のベクトル量子化

多重スケール輝度勾配には、スケール間にリップシツ指数 α により、

$$M_j f(m, n) \leq K(2^j)^\alpha \quad (5)$$

で示される関係があり、 α により座標 (m, n) での滑らかさがわかる^[2]。そこで、まず 2 章で抽出した輪郭座標上での各スケールの多重スケール輝度勾配でベクトルを構成する。

$$(M_1 f(m, n), M_2 f(m, n), M_3 f(m, n))^T \quad (6)$$

ここで、輪郭座標は (m, n) 、スケール数 J は 3 とした。これに対して、ベクトル量子化を行うことで、輪郭上の輝度勾配の大きさと滑らかさ(輪郭の太さ)から輪郭を分類することができる。さらに輝度差とリプシッツ指数を明確に分離して量子化するために、ここでは利得/波形ベクトル量子化を用いた。輝度差を 4 種類、減衰比を 2 種類で分類した結果を図 2 に示す。減衰比の分類をみると、カメラの焦点の合っている前景にあらわれる輪郭と、ぼけている背景にあらわれる輪郭に分類されていることが分かる。量子化の輪郭から Coarse-to-fine 射影法³⁾を用いて復元した結果を図 3 に示す。8 種類の輪郭で、内容を十分理解できる画像が再構成されている。

4. 輪郭抽出符号化

ベクトル量子化により得られたベクトルインデックスと極大値座標、平滑化画像を符号化し、画像圧縮を行う。符号化に際して、ベクトルインデックスには、Runlength 符号化を行った後に Huffman 符号化を行い、極大値座標には、チェーン符号化を行った後に Huffman 符号化を行った。平滑化画像に対しては、水平、垂直方向に 1/6 に間引き、予測符号化を行った後、Huffman 符号化を行った。圧縮率を表 1 に、復元結果を図 4 に示す。画像符号化においては、通常のベクトル量子化を用い、復元においては、Coarse-to-fine 射影法³⁾を用いた。

7. まとめ

ウェーブレット変換を用いて輪郭情報を抽出し、ベクトル量子化により輪郭の分類を行った。これにより、輪郭を輝度差と、滑らかさから分類することができた。また、ベクトル量子化によって得られたベクトルインデックスを輪郭の付加情報として与えることで、輪郭抽出符号化を行った。本分類法では、輪郭検出に基ずくパターンマッチング、シーン解析における付加情報として用いることが可能であり、さらに、付加情報をもとに画像復元を実現で

きる。したがって、画像圧縮と画像理解を融合した処理を実現できる。

参考文献

- [1] 原島博他, 画像情報圧縮, テレビジョン学会編, オーム社, 1991
- [2] S.Mallat and W.L.Hwang, *IEEE Trans.on Information Theory*, 38,2,pp. 617-643, March 1992.
- [3] 樋浦裕二他, 第 9 回軽井沢ワークショップ予稿集, pp. 25-30, 1996 年 4 月

データ量 (bytes)	2271
ビットレート (bpp)	0.28
p-p SNR (dB)	24.8

表 1 ベクトル量子化による圧縮結果



原画像 Lena (256x256)

図 1 輪郭座標



a, b, c, d:
輝度差による分類結果
e, f:
リプシッツ指数による分類

図 2 利得/波形ベクトル量子化による分類結果



図 3 量子化後復元結果

図 4 符号化後復元結果