

自然画像圧縮を考慮した符号量圧縮ベクトル符号化方式

長田 礼子, 青木 輝勝, 安田 浩
東京大学大学院工学系研究科

あらまし 現在、ベクトル符号化方式は文字や地図等の特定の画像に用いられ、拡大縮小に耐性があるだけでなく、情報圧縮の役割もしている。しかし、自然画への適用はデータ量が膨大になることから十分な研究開発が行われていない。

このような背景から、本稿では自然画の境界輪郭線を輝度値を高さとした等高線モデルとしてとらえ、滑らかな変化を利用することにより符号量圧縮を実現する。

キーワード： 自然画像 / ベクトル符号化 / 境界輪郭線 / 関数符号化 / データ圧縮

A Vector Coding Method for Compression of Natural Images

Reiko Osada, Terumasa Aoki, Hiroshi Yasuda
Graduate School of Engineering, University of Tokyo

ABSTRACT Vector coding methods, which not only meet the demands of expansion and reduction but also compress their data, have been used in specific images such as letters and maps. But it is difficult to apply these methods to natural images because of the large sizes of data.

In this paper, we propose a new coding method for compression of natural images, in which RGB-plane boundary contours of natural images are expressed by approximate functions. In our proposed method the compression is based on and gray level information of the contours and using their contour feature of changing smoothly.

Keywords: natural image / vector coding / boundary contour / functional coding / compression

1. はじめに

現在、ベクトル符号化方式は文字や地図等の特定の画像に用いられ、情報圧縮の役割もしている。さらに、輪郭線の集合で表現された画像は、高精度な拡大縮小が可能であり、任意の解像度の出力デバイスに対応できるため、インターネット等を利用した流通用の符号化方式と

しても注目されている。しかし、自然画像のように色のばらつきの多い画像へのベクトル符号化方式の適用は一般に、データ量が膨大になることからこれまで十分な研究開発が行われていない。

本稿ではこのような背景のもと、ベクトル符号化方式の自然画像への適用を考え、画像の

RGB 輝度別プレーンの境界輪郭線を関数符号化することにより符号量の圧縮を実現する新手法を提案する。本稿では 2. で従来の研究とその問題点について述べ、3. で自然画像における符号量圧縮を目的とした新手法を提案し、その概要を述べる。続く 4.、5.、6. では提案手法の詳細について記述する。具体的には、4. で周波数分割とその前後における等高線モデルの違いを述べ、5. では画像の等高線モデルから領域分割を行う手法を提案する。また、6. では送信する符号量の検討と復号の提案方式について述べ、最後に 7. で本論文のまとめと今後の課題を整理する。

2. ベクトル符号化方式に関する従来の研究とその問題点

これまでベクトル符号化方式は、輪郭線の量が少ない文書など色の境界が明確な画像を対象にした研究はさかんにに行われてきた。これらの手法では抽出された各輪郭線は複数の近似関数を用いて表現され、画像は近似した関数化図形となる[1]。しかしこれらの輪郭線の集合で画像を表現する手法を自然画像に適用した場合、色のばらつきが多いためにかえって符号量が膨大になる。

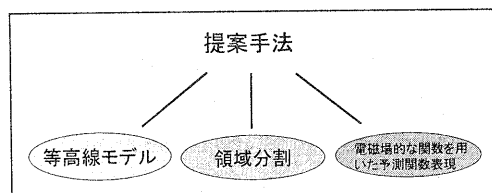
一方、画像符号化方式としては JPEG (Joint Picture Engineering Group) などの画素レベルの処理を中心とした方式が主流であるが、これらの方式ではブロックひずみや、拡大するとジャギーが目立つなどの欠点がある。また、2次元画像を3次元空間内の曲面として処理する手法として、画像をブロック分割し、それぞれのブロック内の輝度値を三角平面パッチで近似する手法[2]~[4]や、複数の分布関数の濃度重みによって、任意の関数形状を近似するメタボールを利用した手法[5]などが提案されている。しかしそれらの手法の場合にも、前者では領域

分割をブロック単位で行っており、後者は反復数値計算により最適パラメータを求めるというもので、必ずしも画像全体の特性を利用しているわけではない。そのため、ブロックひずみなどの不自然なノイズが発生したり、曲面領域が目立つ画像になるという欠点がある。

本稿では、自然画像を輝度値方向を高さとした3次元としてとらえ、画像の境界輪郭線を関数表現によって表すことにより符号量圧縮を図る新手法を提案する。提案手法では、画像の領域分割は輪郭線情報の変化を用いて分割しているため、不自然なノイズは発生しない。また、画像の表現方法は JPEG 等では画素レベルだが、ベクトル符号化では関数表現であるため、その利点として、拡大縮小の影響を受けないこと、編集処理を繰り返しても劣化しないため情報流通に適していること、データ加工しやすいことなどの特長を有する。このため、十分な符号量圧縮が実現できれば、既存技術に代わって広く普及することが期待できる。

3. 符号量圧縮ベクトル符号化方式の概要

図1に本提案手法の技術的特色を示す。



まず、輝度値プレーンの境界輪郭線からなる等高線モデルは、境界輪郭線をベクトル符号化する際、3次元空間内でとらえられる画像の性質を利用し圧縮するために用いる。

次に等高線モデルの領域分割は、画像の性質を利用した本圧縮手法の計算機による処理を可能にする。このときの領域分割では、等高線

モデルを上から順次追跡して、全ての領域で山の頂上となる面は1つになるように分割している。画像の持っている性質から領域分割を行っているため、無理がなく、復号画像にも不自然さが少ない。

そして電磁場的な関数は、領域分割による一つの山は相似的に変化していることに着目し、送信パラメータを決定して、復号段階で画像を予測再現するのに用いる。

以上のように、本手法では主に3つの特徴に基づいて、自然画の符号量圧縮ベクトル符号化を行う。

また、本手法の処理の流れを図2に示す。滑らかに変化する低周波数成分と、ランダムで一部雑音を含んだ高周波数成分では性質が異なるため、先に周波数分割して別々に処理する。この結果、境界輪郭線の抽出後、効率よく領域分割ができる。

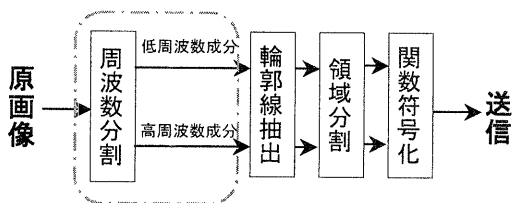


図2 提案する符号化の流れ

一般に、低周波数成分を輝度値プレーン境界輪郭線で表し、輝度値を高さとした3次元の等高線モデルとして扱うと、滑らかな変化が見られる。実際に図3のように、一つの山に注目すると各プレーンの境界線形状が徐々に変化していることが分かる。そこで、一つの山の一番上の境界輪郭線と一番下の境界輪郭線を残し、その間を間引いて送る。さらに図3で、送信する輪郭線はBスプライン表現等により関数符号化する。受信側では、上と下の境界輪郭線からその間の境界輪郭線を、電磁場的な関数を用

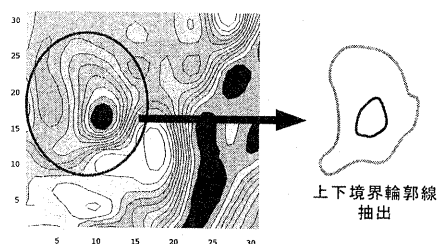


図3 境界輪郭線の省略

い予測補間して復元することにより、実用上十分な精度の復号化を行うことができる。

4. 原画像の周波数分割と等高線モデル

4.1. 輝度値を高さとした等高線モデル

図4にLena像を輝度値25間隔で各プレーンの境界輪郭線を表示した様子を示す。また、図5にこのLena像のRGB成分のうちR値を0~255の段階で等高線モデル表示した様子を示す。図4、5からでは各輝度値プレーンの境界輪郭線はランダムで規則性はみられない。さらに、図6(a)のように原画像のある断面を考えると、ノイズのような小さな波が立っていることが分かる。このノイズのような波は、高周波数成分の波形(図6(c))である。実際に原波形(図6(a))を低周波数成分(図6(b))と高周波数成分(図6(c))に分けてみると低周波数は非常に



図4 各輝度値プレーンの境界輪郭線

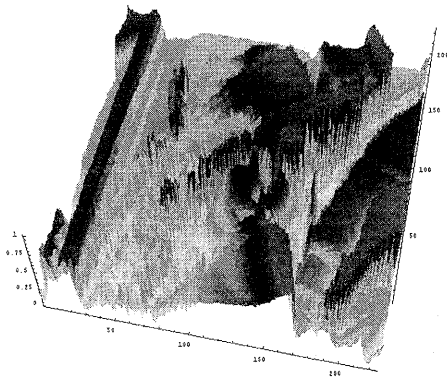


図5 輝度値を高さ方向とした等高線モデル

滑らかになり、関数の適用が容易になっていることが分かる。このような理由から本稿では周波数分割して、それぞれの成分を別々に処理する。

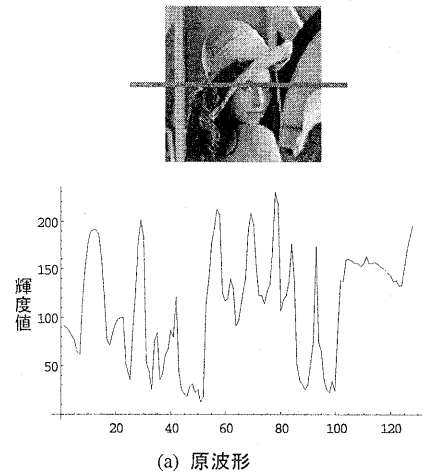
4.2. Wavelet 変換を用いた周波数分割

本稿では周波数分割手法として、離散 Wavelet 変換を用いる。Wavelet 変換はその利点として、

- それぞれの帯域をそれぞれに適したアルゴリズムで符号化できる
- 画像圧縮に用いた際、DCT 圧縮に見られるようなブロック歪みやモスキートノイズが発生しない
- 分割された各領域においてそれぞれ独立した非線形処理ができる

等の特徴を持つためである。

周波数分割処理（図2の点線内）の詳細を図7に示す。図のように低周波数部分はそのまま逆 Wavelet 変換する。得られた低周波数部分を輝度値プレーンの境界輪郭線表示すると図8のようになり、処理前の図4と比較して全体的に滑らかに変化しており、関数符号化を行うにあたって関数の適用が容易になっていることが分かる。一方、高周波数部分では雑音除去を行い、逆ウェーブレット変換する。



(a) 原波形

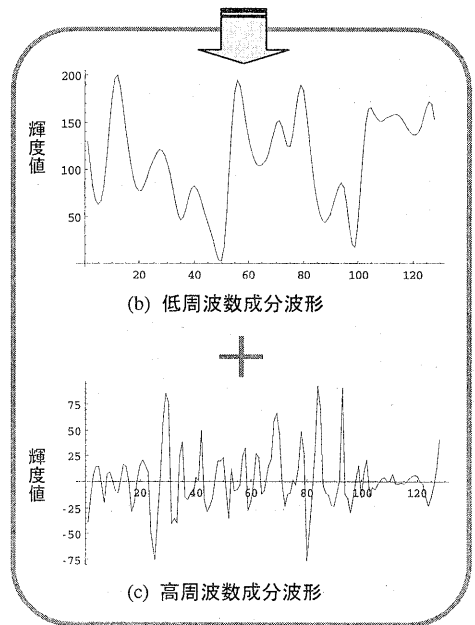


図6 断面波形

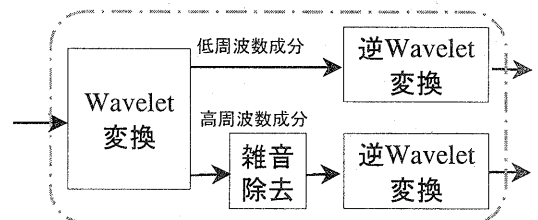


図7 周波数分割処理

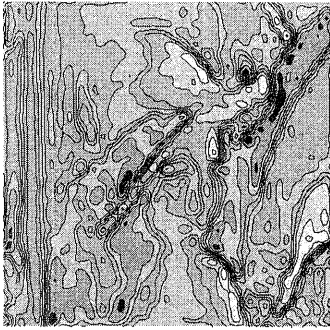


図8 低周波数成分の境界輪郭線

5. 親子関係を用いた領域分割手法と符号量圧縮

本提案手法では、すでに図3に示した通り、等高線モデルをそれぞれの「山」に領域分割し、山の一番上および一番下の境界輪郭線のみで近似することにより符号量圧縮を実現している。領域分割による一つの山の塊を見つけるための方法として、本手法では親子関係を用いる。ある輝度値プレーンの境界輪郭線に着目し、次の輝度値プレーンでその内側部分にある境界輪郭線をしらべ、包含関係を記録する。包含する境界輪郭線の数が増えたところで、台となる境界輪郭線集合を親とし、その上に位置する境界輪郭線集合をその親に対する子と関係づける。そしてそれぞれを個々の領域と見立て、画像全体を領域分割する。

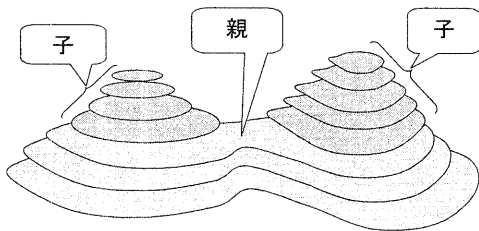


図9 親子関係を用いた領域分割

6. 関数符号化と復号化

5. で分けられた個々の領域から、それぞれ一組の図3で示すような上下境界輪郭線が抽出される。抽出された上下輪郭線それぞれの曲率を求めて、関数曲線により近似する。このとき省略した境界輪郭線のみだけ圧縮されることになる。本提案手法では、一つの山において、ほぼ滑らかに（相似形に）変化するという画像の性質を利用しているが、図10に示す例のように、いつも均一に変化するわけではなく、変化の仕方にも色々ある。そこで、中間情報を一部加えることで、その誤差を少なくする。この結果、圧縮率は上下の輪郭線の間位置する境界輪郭線（中間境界線）の情報をどれだけ用いる

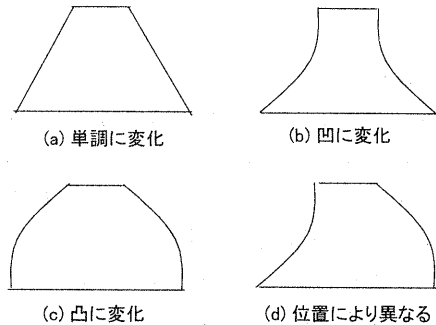


図10 山の断面図の例

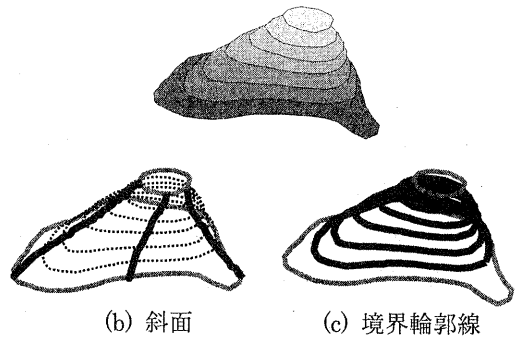


図11 曲面補間で用いる近似関数曲線

かによって決定することになる。

一方、曲面補間によって復号することも可能であり、その場合には中間境界線情報として、図 11(b)のように斜面の近似関数曲線か、あるいは図 11(c)で間の境界輪郭線の近似関数曲線となる。

一つの山につき、送信するのに必要なパラメータは、

- ・山の位置： (x, y)
- ・上下境界輪郭線の輝度値： z_1, z_2
- ・上下境界輪郭線の近似関数曲線： $\Sigma r_1, \Sigma r_2$
- ・中間境界線情報： $\Sigma \alpha$

である。復号段階では、個々の領域を電磁場を変形させた関数を用いて復元することができる。

7. おわりに

本稿では自然画像の RGB 輝度別プレーンの境界輪郭線を関数符号化し、データ量の圧縮を図る新手法を提案した。本稿では、まず低周波数成分と高周波数成分の性質が異なることから、周波数分割し、各成分画像を、親子関係を用いて大局的に領域分割する。次に等高線モデルが周辺の輝度レベルで相似形で変化していることを利用して、上下プレーンの境界輪郭線を残し、その中間の境界輪郭線を間引くことにより符号量圧縮を行う。

自然画像のベクトル符号化方式の実現により、解像度によって画像品質が依存しない本方式は出版業界等で広く普及することが期待できるであろう。

謝辞：本研究に際して、大日本スクリーン（株）の茶谷博美氏、藤本博己氏、中井一博氏、沼田秀穂氏、池田佳代氏、そして日本大学の鈴木理教授にご協力いただきましたことを深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 森浩一, 和田耕一, 寅一和男, “関数化図形表現を用いた紙文書のデジタル化,” 情報学基礎 55-3, デジタル・ドキュメント 19-3 (1999.7.16)
- [2] 山崎一生, 長谷川誠, 五十嵐智, 岡田貞実, “三角平面パッチを用いた多階調データの圧縮,” 信学論 D-II, Vol.J75-D-II, No.6, pp.1038-1047, 1992年6月
- [3] 大島透, 長谷川誠, 古川貴雄, 山崎一生, “濃淡画像の区分線形近似におけるブロック分割方法,” 信学論 D-II, Vol.J78-D-II, No.5, pp.776-782, 1995年5月
- [4] 長谷川誠, 山崎一生, “双1次曲面パッチを用いた濃淡画像の圧縮における予測符号化の適用,” 信学会画像工学研究会, 1997年
- [5] 増倉孝一, 熊澤逸夫, “メタボールを用いた2次元画像符号化方式,” 信学論 D-II, Vol.J82-D-II, No.12, pp.2325-2334, 1999年12月