

升屋正人 奈良迫祐介 行田尚義
鹿児島大学 工学部 情報工学科

はじめに

一般に、画像を圧縮する際には二段階で処理を行う。はじめに、隣接する画素間の相関を利用する予測符号化や変換符号化などで信号系列を変換し、画像の冗長度を減少させた信号を生成する。次に、得られた信号の統計的な性質を利用するエントロピー符号化などを用いて、適当な符号を割り当てる。この処理では、はじめの信号系列の変換部でエントロピーができるだけ小さくなるように変換し、次の符号化部で平均符号長ができるだけエントロピーに近づくような符号を用いて変換系列を符号化することで、高い圧縮率を実現することができる。近年の研究の進展に伴い、二段階目の符号化部に関しては平均符号長がエントロピーに近い値を取ることができるようになってきた。このため、画像をさらに圧縮するためには、はじめの系列変換部でエントロピーをできるだけ小さくできる信号系列の変換方法が必要とされている。

これまで信号系列の変換部に用いる方法としては、前に述べた隣接する画素間の相関を利用する方法など、画像を確率信号と見なしてその統計的な冗長度を削減するものが主であった。一方、これとは平行して画像を領域の集まりと見たときの構造的な冗長度を利用する、輪郭符号化や領域分割符号化などの研究も進んでいる。この種の画像の構造的な冗長度を取り除く方法の一つに骨格線を用いる方

法がある。骨格線には様々な定義があるが、本研究では、H. Blum[1]によって提案された“symmetric axis”を離散画像に応用した骨格線を扱うこととし、“スケルトン”と呼ぶことにする。スケルトンには、1)元の画像より小さく(細く)なる、2)原画像を再構成できるという2つの大きな特長がある。1)の特長を利用することで高圧縮率の実現が、2)の特長を利用することで可逆圧縮の実現が可能となる。しかしながら、実際の画像圧縮に応用された例は、P. A. Maragosら[2]による二値画像に対するものしかなく、多階調画像に応用した例はほとんどない。

そこで、本研究ではスケルトンを利用した多階調画像圧縮を行う方法を開発するとともに、その圧縮効率について検討した。離散画像のスケルトンを求めるに当たっては、J. Serraによって構築された理論であるmathematical morphology[3]を用い、導出方法については、C. Lantuejoul[4]によって示されている方法を応用した。

二値画像化とスケルトンの導出

Mathematical morphologyの処理においては、対象とする画像は二値画像に限定されない。多階調画像に対する演算も定義されている。しかし、多階調画像に対してmathematical morphologyの演算を行った場合、計算時間が膨大になる、処理が複雑になるといった問題がある。また、スケルトンを求めるアルゴリズムについても、多階調画像を対象とした例は少なく、応用は難しい。そこで、本研究では多階調画像を二値画像化することで、比較的よく用いられている二値画像を対象としたアルゴリズムの

Grayscale Image Compression Using Morphological Skeletonization

Masato Masuya, Yusuke Narasako and Naoyoshi Nameda
Department of Information & Computer Science, Faculty of Engineering, Kagoshima University

1-21-40 Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan

適用を可能とし、二値画像と多階調画像を相互に変換することにより、結果としてスケルトンを用いた多階調画像の圧縮を実現した。

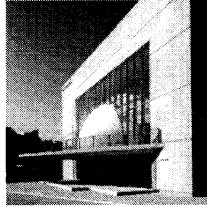


図 1: 処理に用いた画像 (256×256 ピクセル, 8 bit)

多階調画像の二値画像化には、ビットプレーン符号化を用いる。これは、1画素あたり n ビットの画像を n 枚の1ビット画像(二値画像)として取り扱い、符号化する方法である。図1に示す画像をビットプレーン符号化したものを図2に示す。効率よくスケルトンを求めるため、8枚の画像は図2のように並べた後、処理を行う。単純にビットプレーン符号化を用いた場合、画像のエントロピーが大きくなるので、本論文では、最上位ビットプレーン以外のビットプレーンは上位ビットプレーンとのXORを取ることにより求めた。この方法で符号化した画像のエントロピーは6.56となり現画像とほぼ一致する。なお、最上位ビットからもう一度XORを繰り返すことで元のビットプレーンを復元でき、これを元に多階調画像の復元が可能である。

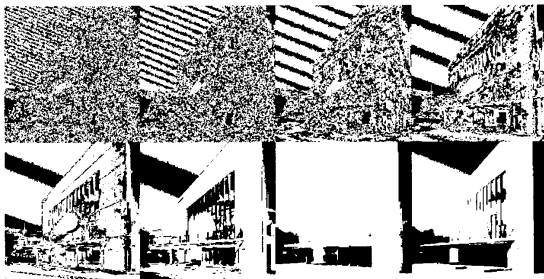


図 2: XORを用いてビットプレーン化した画像。左上:最下位ビット, 右下:最上位ビット。

Mathematical morphologyを用いてスケルトンを求めた画像を図3に示す。画素値0が黒, 1が白に相当する。図2の白い領域が縮退し、スケルトンが求められていることがわかる。この画像のエントロピーは5.36となった。適切な符号化アルゴリズムと組み合わせることで高い圧縮率の達成が可能となる。また、この画像と、スケルトンを求める際に用いたstructuring elementの情報から図1の画像を可逆的に復元できた。



図 3: スケルトン画像。

参考文献

- [1] H. Blum, "Biological shape and visual sciences (Part I)," *Journal of Theoretical Biology*, vol. 38, pp. 205–287, 1973.
- [2] P. A. Maragos and R. W. Schafer, "Morphological skeleton representation and coding of binary images," *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol. ASSP-34, pp. 1228–1244, 1986.
- [3] J. Serra, *Image Analysis and Mathematical Morphology*, Academic Press, London, 1982.
- [4] C. Lantuejoul, "Skeletonization in quantitative metallography," in *Issues of Digital Image Processing*, R. M. Haralick and J. C. Simon, eds. Sijthoff and Noordhoff, Groningen, The Netherlands, 1980.