

D F 表現における多値画像の複雑さについて

1E-5

江川 護 鎌田 清一郎 河口 英二
九州工業大学 工学部

1. はじめに

画像の領域分割手法は画像理解における基本的な問題を多く含んでおり、様々な手法が提案されている。その中で、閾値処理を基本としたものとして、画像の複雑さの尺度なる一心理量によって評価する方法を検討してきた⁽¹⁾。本稿では、この画像の複雑さとヒストグラムとの違いについて、さらにDF表現を基にしてこの計算をビットプレーン分解の立場から考察した方法を導く。

2. 多値画像の複雑さと濃度ヒストグラム

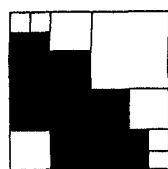
2.1 多値画像の複雑さの尺度

まず、二値画像の複雑さの尺度を以下に説明する。 $2^R \times 2^R$ の二値画像を4分木表現すると、図1のようになる。DF表現は4分木の終端ノードを"0"または"1"で置き換え、また、非終端ノードを"("で表記する方法である。記号化の順番は左下、右下、左上、右上である。図1のDF表現は((0111(1(101010(11(110000となる。このとき、複雑さの尺度は

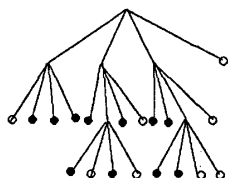
$$C_p = \frac{\text{終端ノードの個数}}{4^R} \quad (1)$$

で求められる。

多値画像の場合、1画素Nビットの濃度レベルが 2^N であるため、各濃度レベルごとに画像をスライスして、上記の複雑さの尺度を求めると、例えば図2のような複雑さ曲線が得られる。



(a) 二値画像



(b) 4分木表現

図1 2値画像と4分木表現

2.2 複雑さ曲線と濃度ヒストグラム

この複雑さの尺度は従来の濃度ヒストグラムとほぼ同じであるが、わずかに異なる性質をもつ。例えば、ほぼ均一な画像そのものをサンプリングし、ヒストグラムをとると離散値が均等に分布すればよいが、それは困難である。図3に示されるように濃度ヒストグラムは離散化による分布のパラッキが影響を与えがちである。しかし、複雑さの尺度では濃度レベル(n-1)に値がないと、スライスした画像は濃度レベルnと同じである。このことは形状の何らかの情報が入っているために濃度ヒストグラムよりも滑らかな曲線が得られるようになる。実際の画像でこのような濃度ヒストグラムと複雑さの曲線が得られる場合が多く見られる。図3のような濃度ヒストグラムはノイズのように分布したのもあり、一般にこれはスムージングなどの加工処理を加えなければならない。

3. ビットプレーン分解を利用した複雑さ計算

多値画像をビットプレーン分解し、各ビットプレーンをDF表現に変換する。このDF表現上で複雑さ曲線の計算を行う方法を以下に示す。

多値画像 $f(x,y)$ に対して以下のような閾値処理の演算を定義する。

$$g(x,y) = \begin{cases} 0, & f(x,y) < \theta \text{ のとき} \\ 1, & f(x,y) \geq \theta \text{ のとき} \end{cases}$$

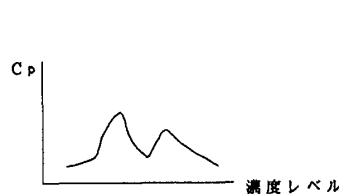
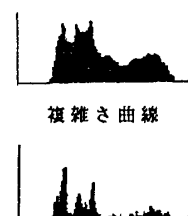


図2 複雑さ曲線



複雑さ曲線

濃度ヒストグラム

図3 濃度ヒストグラムと複雑さ曲線

A Complexity Measure for Multi-Valued Images using DF-Expressions

Mamoru EGAWA Seiichiro KAMATA and Eiji KAWAGUCHI

Kyushu Institute of Technology, Faculty of Engineering

2枚のNビット画像における同じ位置の1画素を

$$X = x_1 x_2 \dots x_m \dots x_N$$

$$Y = y_1 y_2 \dots y_n \dots y_N$$

とする。このとき、 $x_m, y_n=0$ または $1(m, n=1, 2, \dots, N)$ である。

ビットプレーン上の論理演算は次のように行うことができる。初期値を

$$x_1^0 = x_1, \quad x_2^0 = x_2$$

⋮

$$x_N^0 = x_N$$

$$x_{N+1}^0 = x_{N+1} (=1)$$

とすると、i回繰り返しの操作は

$$x_j^i = x_i^{i-1}(y_i)x_j^{i-1}, \quad (2)$$

$$i=1, 2, \dots, N, \quad j=i+1, \dots, N, N+1$$

によって書き換えられる。ここで、

$$(y_i) = \begin{matrix} \bullet & \text{(AND)} & y_i=1 \text{ のとき} \\ + & \text{(OR)} & y_i=0 \text{ のとき} \end{matrix}$$

である。図4に示されるように、この処理によって x_{N+1}^N は0か1の値をとる。図5にその例を示す。この値を

$$h(X, Y) = x_{N+1}^N$$

とする。

次に、XをYで閾値処理することを考えた場合、前記の関数 $h(X, Y)$ に対して

$$h(X, Y) = \begin{matrix} 0, & X < Y \\ 1, & X \geq Y \end{matrix} \quad (3)$$

が成り立つ。すなわち、関数gは式(3)より

$$g(x, y | \theta) = h(f(x, y), \theta)$$

となる。ここで、

$$\theta = \theta_1 \theta_2 \dots \theta_1 \dots \theta_N$$

である。

	x_1^0	x_2^0	x_3^0	...	x_{N-1}^0	x_N^0	$x_{N+1}^0 (=1)$
(y_1)		x_2^1	x_3^1	...	x_{N-1}^1	x_N^1	x_{N+1}^1
(y_2)			x_3^2	...	x_{N-1}^2	x_N^2	x_{N+1}^2
⋮				...			⋮
(y_{N-1})					x_{N-1}^{N-1}		x_{N+1}^{N-1}
(y_N)							x_{N+1}^N

図4 処理手順

式(2)をビットプレーン $\{\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_N\}$ の場合に置き換えると

$$\Gamma_j^i = \Gamma_i^{i-1}(\theta_i)\Gamma_j^{i-1}, \quad (4)$$

$$i=1, 2, \dots, N, \quad j=i+1, \dots, N, N+1$$

によってビットプレーン間の論理演算で実行できる。

このとき、

$$h(f, \theta) = \Gamma_{N, N+1} = g(\theta) \quad (5)$$

となる。

さらに、DF表現を利用した場合、式(4)より次の関係式が成り立つ。

$$\Omega(\Gamma_j^i) = \Omega(\Gamma_i^{i-1})(\theta_i)\Omega(\Gamma_j^{i-1})$$

したがって、式(5)よりDF表現上の閾値処理は

$$H(\Omega(f) | \theta) = \Omega(\Gamma_{N, N+1}) = \Omega(g(\theta))$$

となる。DF表現上の論理演算AND, ORは

$$\Omega(\Gamma_1 \cdot \Gamma_2) = \Omega(\Gamma_1) \cdot \Omega(\Gamma_2)$$

$$\Omega(\Gamma_1 + \Gamma_2) = \Omega(\Gamma_1) + \Omega(\Gamma_2)$$

となる⁽²⁾。

5. まとめ

本稿では画像の複雑さなる一心理量を濃度ヒストグラムと比較し、閾値処理における有効性を確認した。さらに、この計算をビットプレーン分解したDF表現上で行う方法を示した。

参考文献

- (1) 谷口, 河口, "二値画像の複雑さと多値画像の閾値処理に関する考察", J70-D, 1, 164-174, 1987.
- (2) E. Kawaguchi, et al, "Depth-First Picture Expression Viewed from Digital Picture Processing", IEEE Trans. PAMI, PAMI-6, 4, 1983.

	0	1	1	1	0	1		0	1	0	1	0	1
(0)	1	1	1	0		1		1	0	1	0		1
(1)		1	1	0		1			0	1	0		1
(0)			1	1		1			0	0			0
(1)				1		1				0			0
(0)						1							0

(a) X=01110, Y=01010

(b) X=01010, Y=01110

図5 処理例