モルフォロジーフィルタによる線状図形の抽出

非会員 童 衛 青 ((株)NEC 情報システムズ)
非会員 辰 巳 昭 治 (大 阪 市 立 大 学)
正 員 志 水 英 二 (大 阪 市 立 大 学)

Extraction of Line-Like Figures through Gray-Scale Mathematical Morphological Filters

Weiqing TONG, Non-member (NEC Informatec Systems), Shoji TATSUMI, Non-member, Eiji SHIMIZU, Member (Osaka City University)

キーワード：モルフォロジー，構造要素関数，線状図形，画像処理

1. ま え が き

濃淡画像内から意味をもつ線状図形を抽出する手法は実用面において重要である。例えば，機械図面から意味をもつ様々な太さの線の抽出⁽²⁾，冠動脈造影画像からの血管抽出⁽³⁾，交差した血管の分離⁽⁴⁾，文書画像内の罫線の抽出⁽⁵⁾，などがある。また，サインと印鑑認証の前処理として重ね合ったサインと印鑑を分離抽出することも重要である。

モルフォロジー⁽¹⁾演算は対象画像と，局所的窓関数に相当する構造要素関数 (Structuring function, 以下 SF と略す) との間の集合演算であるので，並列処理が可能となる。本稿では，分解型円 SF を与え，それに基づくモルフォロジーフィルタにより濃淡画像から線状図形の抽出手法を提案する。更に実験によりこの手法の有効性を示す。

2. 濃淡画像からの線状図形の抽出手法

モルフォロジーフィルタ $(f \oplus g) \ominus g$ は SF の定義域より小さく，かつその周囲の値より低い部分を検出できるといふ効果を持つ。それと対のフィルタ $(f \ominus g) \oplus g$ は SF の定義域より小さく，かつその周囲の値より高い部分を検出できるといふ効果を有する。ここで， f は濃淡画像， g は SF である。

濃淡画像において線状図形の太さを計測するために用いる SF を選定することが重要である。円 SF は対称性がよく，かつ形が単純であるので，円 SF を使うことにする。次は高精度な分解型円 SF を与える。

高精度な分解型円 SF の構成法

1. $r \leq 17$ の場合

- $c(1) = e_2 \dots\dots\dots (1)$
- $c(2) = e_1 \oplus e_2 \dots\dots\dots (2)$
- $c(3) = e_1 \oplus 2e_2 \dots\dots\dots (3)$
- $c(4) = e_3 \oplus e_4 \oplus e_5 \oplus e_6 \dots\dots\dots (4)$
- $c(5) = 2e_1 \oplus 3e_2 \dots\dots\dots (5)$
- $c(6) = 2e_1 \oplus 4e_2 \dots\dots\dots (6)$
- $c(7) = e_1 \oplus 2e_2 \oplus e_3 \oplus e_4 \oplus e_5 \oplus e_6 \dots\dots\dots (7)$
- $c(8) = e_1 \oplus 3e_2 \oplus e_3 \oplus e_4 \oplus e_5 \oplus e_6 \dots\dots\dots (8)$

図 1 基本構造要素関数

Fig. 1. Prime structuring Functions.

- $c(9) = e_2 \oplus 2e_3 \oplus 2e_4 \oplus 2e_5 \oplus 2e_6 \dots\dots\dots (9)$
- $c(10) = 2e_1 \oplus 4e_2 \oplus e_3 \oplus e_4 \oplus e_5 \oplus e_6 \dots\dots\dots (10)$
- $c(11) = e_1 \oplus 2e_2 \oplus 2e_3 \oplus 2e_4 \oplus 2e_5 \oplus 2e_6 \dots\dots\dots (11)$
- $c(12) = e_1 \oplus 3e_2 \oplus 2e_3 \oplus 2e_4 \oplus 2e_5 \oplus 2e_6 \dots\dots\dots (12)$
- $c(13) = 2e_1 \oplus 3e_2 \oplus 2e_3 \oplus 2e_4 \oplus 2e_5 \oplus 2e_6 \dots\dots\dots (13)$
- $c(14) = 2e_1 \oplus 4e_2 \oplus 2e_3 \oplus 2e_4 \oplus 2e_5 \oplus 2e_6 \dots\dots\dots (14)$
- $c(15) = 2e_1 \oplus 5e_2 \oplus 2e_3 \oplus 2e_4 \oplus 2e_5 \oplus 2e_6 \dots\dots\dots (15)$
- $c(16) = 3e_1 \oplus 5e_2 \oplus 2e_3 \oplus 2e_4 \oplus 2e_5 \oplus 2e_6 \dots\dots\dots (16)$
- $c(17) = e_1 \oplus 4e_2 \oplus 3e_3 \oplus 3e_4 \oplus 3e_5 \oplus 3e_6 \dots\dots\dots (17)$

2. $r \geq 18$ の場合

$$c(r) = (k_1 c(17)) \oplus c(k_2) \dots\dots\dots (18)$$

ここで， $k_1 = \lceil r/17 \rceil$ ， $k_2 = r - 17k_1$ ， $c(r)$ は半径 r の円 SF， $c(0)$ の定義域は $\{(0,0)\}$ ， $c(r) \equiv 0$ とする。 $e_1 \sim e_6$ は図 1 に示す基本 SF である。

一般的に，認識対象とする線状図形は特定の太さと長さを持っているので，太さを検出できるフィルタ $(f \oplus c) \ominus c$ または $(f \ominus g) \oplus g$ と，文献 [6] で与えられた線状図形の長さを抽出する手法と併用すれば，濃淡画像から特定の線状図形を検出することが可能となる。文献 [6] で与えられた特定の長さの抽出手法を次に概説する。まず 2 値化された対象画像に対して，8 近傍連結した領域の最小外接長方形の対角線の長さの X 成分と Y 成分を算出する。次に X 成分と Y 成分により特定の長さをもち線状図形を抽出する。

[†] a を実数とすると， $\lfloor a \rfloor$ は a を越えない最大の整数。

(a)

(b)

(c)

図2 線状図形の抽出の例

Fig. 2. Example of extraction of line-like figures.

上述により局所的に低い濃度値をもつ線状図形の抽出手順を以下に与える。

- (1) 入力画像 I から太さ w_1 以下の線状図形を除去する

$$I_1 = (I \oplus c(w_1)) \ominus c(w_1) \dots\dots\dots (19)$$

- (2) 入力画像 I から太さ w_2 以下の線状図形を除去する

$$I_2 = (I \oplus c(w_2)) \ominus c(w_2) \dots\dots\dots (20)$$

- (3) 太さ $w_1 \sim w_2$ 間の線状図形のみを抽出する

$$I_3 = \begin{cases} I, & \text{if } |I_2 - I_1| > v \\ 255, & \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots (21)$$

- (4) 文献 [6] により長さ $l_1 \sim l_2$ 間の線状図形のみを抽出する

ここで、 v は抽出対象とする線状図形が周囲とのコントラストである。

3. 実験

サインと印鑑が重ね合った画像 (図 2(a)) をスキャナーで計算機に入力する。画像の解像度は 600×380 画素 $\times$ 256 濃度階調である。

表1 実験パラメーター

Table 1. Experiment parameters.

対象物	v	w_1 (画素)	w_2 (画素)	l_1 (画素)	l_2 (画素)
サイン	27	2	8	14	600
印鑑	40	10	32	35	600

図 2(a) に対して提案手法により、サインと印鑑を抽出する実験を行った。その結果はそれぞれ図 2(b) と図 2(c) に示し、実験パラメーターを表 1 に示す。図 2 から、サインと印鑑がほとんど抽出されたことがわかった。

4. むすび

本稿では、高精度な分解型円形状 SF に基づくモルフォロジーフィルタを用いて濃淡画像から線状図形の抽出手法を提案し、サインと印鑑を分離抽出する実験を行い、提案手法の有効性を示した。しかし、しきい値 v は現段階では実験的に決定されている。また、線状図形が高濃度値領域と低濃度値領域とを同時に背景とする場合、本手法では抽出することが困難である。自動的にしきい値 v を決めることと、任意の場合にも線状図形を抽出することが可能な方法を工夫することは今後の課題となっている。

(平成 10 年 3 月 30 日受付, 同 10 年 8 月 5 日再受付)

文 献

- (1) R.M. Haralick and S.R. Sternberg and X. Zhuang, "Image Analysis Using Mathematical Morphology", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., Vol. PAMI-9, No. 4, pp. 532-550, (July 1987).
- (2) 安居院猛, 目崎祐史, 長尾智晴, 中嶋正之, "2 重の正方形移動法による機械図面からの図面要素の抽出," 信学論 (D-II), vol. J73-D-II, No. 9, pp. 1393-1401, Sep. 1990.
- (3) 大家隆弘, 佐藤俊輔, 宇山親雄, 菅原徹雄, 柳原圭雄, "血管追跡法による冠動脈造影シネ画像からの血管抽出," 信学論 (D-II), vol. J73-D-II, No. 7, pp. 1084-1091, Jul. 1990.
- (4) 福田浩三, 松下俊介, 宇山親雄, 菅原徹雄, 柳原圭雄, 杉本直三, "血管辺縁追跡による冠動脈造影画像の交差血管の分離," 信学論 (D-II), vol. J76-D-II, No. 7, pp. 1482-1484, Jul. 1993.
- (5) 後藤英昭, 阿曾弘具, "Hough 変換を用いた文書画像中の点線・飾り線の抽出," 信学技報, PRU94-67, pp. 23-30, Nov. 1994.
- (6) 童衛青, 辰巳昭治, 志水英二, "モルフォロジー演算による特定の長さをもつ線状図形の抽出," 電学論 C, (1998 年 10 月).

童 衛 青 (非会員) 1961 年生。1983 年中国上海大学工学部電気制御工学科卒。同年 Shanghai Petrochemical Complex 入社。1998 年大阪市立大学大学院・工・電気・博士後期課程単位取得退学。在学中、モルフォロジー理論、パターン認識、画像処理に関する研究に従事。現在 NEC 情報システムズ (株) に勤務、モルフォロジーによる画像処理、顔認識などに関する研究開発に従事。IEEE 会員。

辰巳 昭治 (非会員) 1970 年、大阪大学工学部通信工学科卒業。現在大阪市立大学情報工学科教授。工学博士。

志水 英二 (正員) 1963 年、大阪大学工学部電子工学科卒業。現在大阪市立大学工学部電気工学科教授。工学博士。