

劉 紹明†

Shaoming Liu

1. まえがき

本研究では、紙に書かれた文字画像を認識するための外郭輪郭方向線素文字特徴量を提案し、提案した特徴量の機能確認実験を行う。

2. 従来技術と問題点

文字認識のための文字特徴量として、方向線素特徴量 (Directional Element Feature: DEF)⁽¹⁾、外郭方向寄与度特徴量 (Peripheral Direction Contributivity Feature: PDCF)⁽²⁾ 及び外郭局所的輪郭線特徴量 (Peripheral Local Outline Vector: P_LOVE)⁽³⁾ などが挙げられる。

DEF は、文字画像を幾つかの小領域に分割して、各小領域内の画像の骨になる画素の方向、或いは輪郭点の方向を特徴量とする 196 (4x49) 次元の文字特徴量である。

PDCF は文字線の複雑さ、方向、接続関係、相対配置関係を定量化した文字特徴量である。PDCF はまず文字画像を 8 方向から走査し、 k ($k=1, 2, \dots$) 番目まで、背景画素から文字画素に変わるときの文字線の外郭点を抽出し、その外郭点の方向寄与度を求め、すべての外郭点の方向寄与度が求められた後、文字画像を走査方向に n 分割して n 個の区分を得て、各区分の k 番目の外郭点の方向寄与度の平均値を該区分の特徴量とする。

P_LOVE 特徴量は文字線の内部情報を注目した文字特徴量である。P_LOVE 特徴量はまず文字画像のすべての輪郭線を追跡し、輪郭点同士がつながる連結方向を記憶しておく。図 1(a) は文字の輪郭線を示し、図 1(b) と (c) はそれぞれ輪郭点同士のつながる連結方向と輪郭線の追跡図を表す。続いて、図 1(d) に示すように文字画像を 8 方向から走査し、 k ($k=1, 2, \dots$) 番目まで、背景画素から文字画素に変わるときの文字線の外郭点を抽出する。得られた外郭点を中心とする大きさのウィンドウを開き、ウィンドウ内の輪郭点の総和に対して、各連結方向成分の和 d_i ($i=1, 2, 3, 4$) を求め、次の公式で該当外郭点の特徴量 (f_1, f_2, f_3, f_4) を求める。

$$f_i = \frac{d_i}{d_1 + d_2 + d_3 + d_4} \quad (1)$$

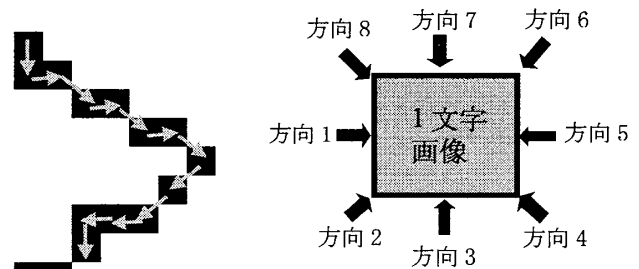
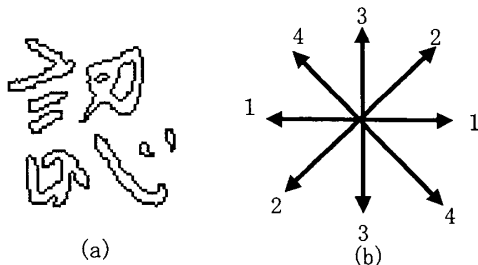


図1 輪郭線、連結方向と輪郭線の追跡

DEF は局所的な特徴量であるので、文字の構造関係、相対位置関係を表現していなかった。つまり、DEF は固定された小領域内の線素の方向を特徴量としたが、文字のストローク情報が DEF に反映されていなかった。PDCF には文字線の複雑さ、方向、接続関係、相対配置関係などの情報が含まれているが、外郭点の方向情報がうまく取れない場合があるので、文字パターンの形状の差異や、変形やノイズを吸収しにくい問題があった。

P_LOVE 特徴量は DEF と PDCF を融合した特徴量であり、DEF の線素方向情報と PDCF の接続関係、相対配置関係情報を取り入れた特徴量である。しかし、輪郭線の追跡は単方向であるので、輪郭点から次の輪郭点へ移動する情報が分かるが、一方どこから今の輪郭点に移動したかが分かりにくい。さらに、線素方向が図 1(b) に示す 4 種類から図 3(b) に示す 8 種類に拡張するとき、問題が起こる。つまり、書かれた文字線の位置、相対位置関係が異なり、文字画像が潰された場合もあるので、輪郭線の単方向追跡は、同じ文字の同一文字線でも、異なる方向で追跡する場合がある。

3. 外郭輪郭方向線素特徴量

本節では、P_LOVE 特徴量を改良し、外郭輪郭方向線素特徴量 PCDEF (Peripheral Contour Direction Element Feature) を提案する。PCDEF は、まず、文字画像の輪郭線を抽出しておき、複数の方向から文字画像を走査して外郭点を抽出する。抽出された外郭点から抽出範囲を決め、その抽出範囲内の各輪郭点の近傍輪郭点方向を求め、求められた近傍輪郭点方向値を用いて該当外郭点の特徴量を求める。続いて、文字画像を走査方向に n 分割して n 個の区分を得て、各区分の特徴量を求める。文字画像の輪郭線につ

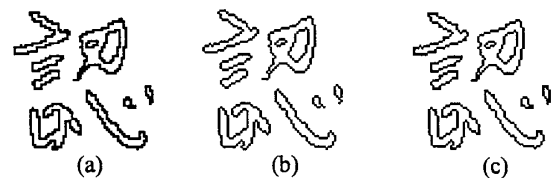


図2 (a) 4 連結輪郭線, (b) 8 連結輪郭線,

(c) 4 連結部分と 8 連結部分が混在する輪郭線

いて、図 2(a) に示すような 4 連結輪郭線と、図 2(b) に示すような 8 連結輪郭線と、図 2(c) に示すような 4 連結部分

† 富士ゼロックス(株) ITメディア研究所
Information Media Lab., Fuji Xerox Co., Ltd.

と 8 連結部分が混在している輪郭線の計 3 種類がある。3 週類の輪郭線に基づく特徴量をそれぞれ PCDEF-4Cont, PCDEF-8Cont と PCDEF-84Cont で表す。

外郭点の抽出範囲は、図 3 に示すように外郭点を含む大きさが $M1 \times M2$ ($M1 > 1, M2 > 1$) 画素の小領域である。抽出範囲内の各輪郭点の特徴について、P_LOVE 特徴量の輪郭線の追跡方向ではなく、図 3 に示すように、8 近傍にあるすべての輪郭点への方向を求める。近傍輪郭点への方向は図 5(d) に示すような 8 方向である。こうすることにより、外郭点の特徴は輪郭線の追跡順番に依存しないし、情報量も多くなる。

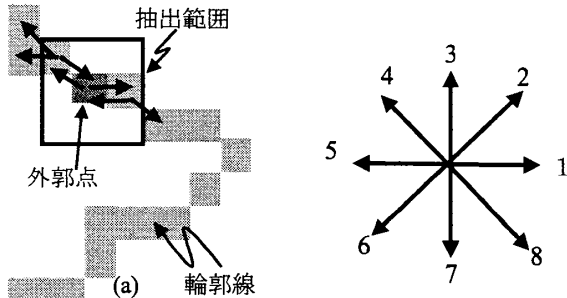


図 3 外郭点の抽出範囲と近傍輪郭点への方向

外郭点の特徴量 ($dp1, dp2, dp3, dp4$) は次の公式 (2) で求められる。外郭点の拡張特徴量 ($dp1, dp2, \dots, dp8$) は次の公式 (3) で求められる。ここで、抽出範囲内の輪郭点の数は N で表し、各輪郭点の 8 近傍にある輪郭点への方向は $Lj1, Lj2, \dots, Lj8, j(j=1, 2, \dots, N)$ で表す。

$$dph = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (Lih + Li(h+4))}{\sqrt{\sum_{j=1}^8 \left(\sum_{i=1}^N (Lij + Li(j+4)) \right)^2}} \right] \times 100 \quad (2)$$

$$dph = \left[\frac{\sum_{i=1}^N Lih}{\sqrt{\sum_{j=1}^8 \left(\sum_{i=1}^N Lij \right)^2}} \right] \times 100 \quad (3)$$

4. 機能確認実験

実験対象

実験に使用した文字画像サンプルは電総研が作成した手書き文字データベース ETI-9B を用いた。

機能検証実験とその結果

提案した文字特徴量の有効性を確認するために、手書き文字認識実験を行った。ETI-9B の 200 セットサンプルを偶数セットと奇数セットに分け、表 1 に示すような四つの実験を行った。実験では距離尺度としてユークリッド距離を用いた。

表 2 と表 3 はそれぞれ従来文字特徴量の実験結果と提案した文字特徴量の実験結果である。認識率は正しく認識されたサンプル数のテストの総サンプル数に対する割合とする。実験の結果から分かるように、従来文字特徴量では、P_LOVE 特徴量の認識率が一番高く、平均認識率が 91.540% であり、DEF の認識率が一番低く、平均認識率が 81.453%

であった。提案した外郭輪郭方向線素特徴量について、PCDEF-8Cont の認識率が一番高く、平均認識率が 93.808% であり、PCDEF-84Cont の認識率は PCDEF-8Cont より少し低く、平均認識率が 93.354% であった。PCDEF-8Cont 特徴量と PCDEF-84Cont 特徴量の平均認識率は従来の P_LOVE 特徴量の認識率 (91.540%) よりそれぞれ 2.268 と 1.814 ポイント上回った。

表 1 実験の種類

	学習サンプル	テストサンプル
(ア)	奇数セット	奇数セット
(イ)	偶数セット	偶数セット
(ウ)	奇数セット	偶数セット
(エ)	偶数セット	奇数セット

表 2 従来文字特徴量の手書き文字認識実験の結果

実験種類	PDC	P_LOVE	DEF
(ア)	90.614%	92.465%	82.487%
(イ)	90.689%	92.400%	82.458%
(ウ)	88.831%	90.671%	80.619%
(エ)	88.739%	90.621%	80.250%
平均	89.718%	91.540%	81.453%

表 3 提案した特徴量の手書き文字認識実験の結果

実験種類	PCDEF-4Cont	PCDEF-8Cont	PCDEF-84Cont
(ア)	92.071%	94.527%	94.092%
(イ)	91.966%	94.438%	94.006%
(ウ)	90.220%	93.068%	92.620%
(エ)	90.416%	93.199%	92.699%
平均	91.169%	93.808%	93.354%

5. まとめ

本研究では、外郭局所的輪郭線特徴量を改善した外郭輪郭方向線素文字特徴量を提案し、手書き文字データベース ETI-9B を用いて機能検証実験を行った。提案した特徴量 PCDEF-8Cont の平均認識率 (93.808%) は従来の P_LOVE 特徴量の認識率 (91.540%) より 2.268 ポイント上回った。

6. 参考文献

- [1]. 孫 寧, 阿倍 正人, 根元 義章 : “改良型方向線素特徴量および部分空間法を用いた高精度な手書き文字認識システム”, 信学論 (D-II), J78-D-II, 6, pp. 922-930, 1995.
- [2]. 萩田, 内藤, 増田 : “外郭方向寄与度特徴による手書き漢字の識別”, 信学論 (D), J66-D, 10, pp. 1185-1192, 1983.
- [3]. 堀 桂太郎, 根本, 伊藤 彰義 : “文字の輪郭線に着目した手書き漢字の特徴抽出法——外郭局所適輪郭線特徴と外郭局所的モーメント特徴——”, 信学論 (D-II), Vol. J82-D-II, No. 2, pp. 188-195, 1999.