

指文字画像からの手指形状特徴量抽出方法の検討

An investigation on parameter extraction from finger alphabet

舟川政博†
Masahiro Funakawa

平山亮†
Makoto J. Hirayama

1. はじめに

手話で用いられる指文字を認識するために、指文字のカラー画像から手指形状の特徴量を抽出する方法を検討した。類似の研究としては、カラーグローブを用いた指文字認識システム[1]が提案されているが、手袋を装着する煩わしさのために日常環境には適用しづらい。また、マスクングにより手指の本数を識別するアルゴリズム[2]が提案されているが10種類の手指形状への適用に留まっているという課題があった。

我々は日本語指文字のうちの動かない指文字、すなわち、「の」「も」「り」「を」「ん」や濁点・半濁点・長音を含まない静止画像(41種類)を対象として形状抽出の検討を行った。手領域抽出は色成分に着目したしきい値を決めることにより行い、抽出した手領域の二値及び多値画像を用いて、重心・面積・フェレ径・輪郭などの各種特徴量を算出して形状特徴を分析し、画像の分類を行った。その際、爪部分に着目して爪の見え方を調べ、指文字画像の分類には有効なことを確認した。

2. 手領域の抽出

色成分 RGB の各々を 256 階調で取り込んだカラー画像について、手の部位以外の背景をグレー系統(白、灰色、黒)にできる場合、RGB の組合せごとの度数分布を調べることによって簡単に手領域が抽出できる。今回は、手の肌色部分がどのような輝度であっても、

$$R \text{ 値} > G \text{ 値} > B \text{ 値} > x \quad (1)$$

の関係が成立していた。

例えば、明るい肌色部分だけを抽出するならば x に 100~150 程を、暗い影も含めるの肌色なら 0~50 程を指定すると良い。後述の 5. 実験での手領域の二値化画像は x に 0 を指定して作成し、グレースケールの多値化画像はその条件での R 値そのものから作成した。

3. 基本特徴量

手領域の二値化画像から得られる特徴的な基本データを次に列挙する(用語の意味・定義の詳細は文献[3]参照)。

なお、今回の画像は縦×横が 1314×2000 個の画素からなり、個々の画素の輝度値は 2次元配列の m 行 n 列の要素に対応させて表し、画素の位置表記は (m,n) とする。したがって、 m は 1 から 1314、 n は 1 から 2000 の範囲であり、画像の左上端は $(1,1)$ 、右下端は $(1314,2000)$ となる。

3.1 手領域の面積 SS

$$SS = \{ (m,n) \text{ の個数} \mid X(m,n)=1 \} \quad (2)$$

ただし、 $X(m,n)$ は二値化画像の各画素の輝度値。

3.2 手領域の重心位置 (M_G , N_G)

$$M_G = \frac{\sum m \cdot HMm}{\sum HMm}$$

$$N_G = \frac{\sum n \cdot HNNn}{\sum HNNn} \quad (3)$$

ただし、 $HMm = \{ n \text{ の個数} \mid X(m,n)=1 \}$,
 $HNNn = \{ m \text{ の個数} \mid X(m,n)=1 \}$.

3.3 手領域の外接長方形

フェレ径とも言う。手領域に外接するこの長方形(図 1)の左上隅頂点を (RI,RJ) 、右下隅頂点を (RM,RN) とする。

$$RI = \{ m \text{ の最小値} \mid X(m,n)=1 \},$$

$$RJ = \{ n \text{ の最小値} \mid X(m,n)=1 \},$$

$$RM = \{ m \text{ の最大値} \mid X(m,n)=1 \},$$

$$RN = \{ n \text{ の最大値} \mid X(m,n)=1 \} \quad (4)$$

さらに、手の領域が長方形に接する 4 接点を、 (RI,PCU) 、 (RM,PCD) 、 (PCL,RJ) および (PCR,RN) とする。

$$PCU = \{ n \text{ の最小値} \mid X(RI,n)=1 \},$$

$$PCD = \{ n \text{ の最小値} \mid X(RM,n)=1 \},$$

$$PCL = \{ m \text{ の最小値} \mid X(m,RJ)=1 \},$$

$$PCR = \{ m \text{ の最小値} \mid X(m,RN)=1 \} \quad (5)$$

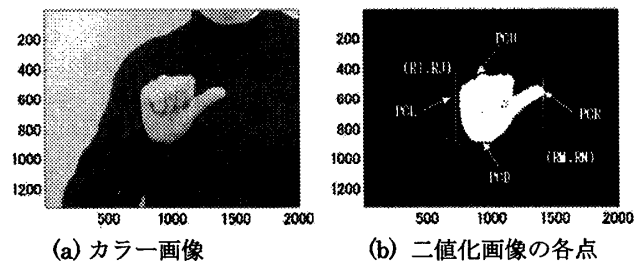


図 1 手領域の外接長方形と接点位置(指文字「あ」)

4. 基本特徴量の正規化

手話をする人や撮影に使うカメラなど、都度変わることおよび複数の指文字の特徴を比較したり一致性を判定することを考慮すると、前述の基本特徴量は正規化して取り扱うのが自然である。

4.1 手領域の面積比率 SRate1, SRate2

SRate1 は手領域の外接長方形に対する面積比であり、SRate2 は手の平を完全に開いた指文字「て」の面積を 1 とする相対値である。

$$SRate1 = SS / ((RM - RI) \cdot (RN - RJ)) \quad (6)$$

$$SRate2 = SS / SS_{\tau} \quad (7)$$

ただし、 SS_{τ} は指文字「て」の手領域の面積。

† 金沢工業大学, Kanazawa Institute of Technology

表1 正規化した特徴量の例

| | SRate1 | SRate2 | NMG | NNG | FRate | NPCU | NPCD | NPCL | NPCR | NP _U | NP _D | NP _L | NP _R |
|---|--------|--------|------|------|-------|------|------|------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| あ | 0.61 | 0.837 | 0.46 | 0.39 | 1.48 | 0.26 | 0.33 | 0.32 | 0.27 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| い | 0.62 | 0.737 | 0.58 | 0.45 | 0.79 | 0.22 | 0.48 | 0.52 | 0.53 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| う | 0.63 | 0.787 | 0.58 | 0.51 | 0.57 | 0.56 | 0.31 | 0.72 | 0.71 | 2 | 1 | 3 | 3 |
| え | 0.64 | 0.945 | 0.54 | 0.42 | 0.98 | 0.37 | 0.40 | 0.52 | 0.60 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| お | 0.62 | 0.783 | 0.51 | 0.47 | 0.66 | 0.59 | 0.23 | 0.75 | 0.29 | 2 | 1 | 3 | 1 |
| か | 0.41 | 0.777 | 0.62 | 0.44 | 0.67 | 0.62 | 0.19 | 0.82 | 0.48 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| き | 0.42 | 0.752 | 0.62 | 0.51 | 0.74 | 0.96 | 0.22 | 0.80 | 0.05 | 3 | 1 | 3 | 1 |
| く | 0.53 | 1.177 | 0.60 | 0.46 | 1.42 | 0.46 | 0.26 | 0.58 | 0.58 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| け | 0.67 | 0.983 | 0.57 | 0.47 | 0.60 | 0.43 | 0.26 | 0.65 | 0.73 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| こ | 0.44 | 0.769 | 0.51 | 0.37 | 0.91 | 0.29 | 0.25 | 0.71 | 0.41 | 1 | 1 | 3 | 2 |
| さ | 0.77 | 0.744 | 0.49 | 0.49 | 1.03 | 0.38 | 0.42 | 0.32 | 0.49 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| し | 0.45 | 0.955 | 0.60 | 0.41 | 1.01 | 0.29 | 0.33 | 0.68 | 0.62 | 1 | 1 | 3 | 2 |
| す | 0.34 | 0.711 | 0.52 | 0.42 | 0.95 | 0.27 | 0.22 | 0.29 | 0.43 | 1 | 1 | 1 | 2 |

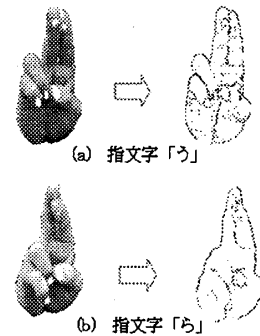


図2 多値画像の輪郭線抽出

4.2 手領域の正規化重心位置 (NMG, NNG)

(4)の長方形の対角頂点(RI,RJ), (RM,RN)を, 正方形の対角頂点(0,0), (1,1)にマッピングするとき, (NMG, NNG)は(3)の重心(MG, NG)がマッピングされる位置である.

$$\begin{aligned} NMG &= (MG - RI) / (RM - RI), \\ NNG &= (NG - RJ) / (RN - RJ) \end{aligned} \quad (8)$$

4.3 フェレ径比 FRate

(4)の長方形の縦横比で, この値は1以下が縦長を表す.

$$FRate = (RN - RJ) / (RM - RI) \quad (9)$$

4.4 手領域の外接長方形の正規化

正規化外接長方形(4.2 で述べた正方形)と正規化手領域との4接点の位置を, (0, NPCU), (1, NPCD), (NPCL, 0) および(NPCR, 1)とすると, 次の計算で求まる.

$$\begin{aligned} NPCU &= (PCU - RJ) / (RN - RJ), \\ NPCD &= (PCD - RJ) / (RN - RJ), \\ NPCL &= (PCL - RI) / (RM - RI), \\ NPCR &= (PCR - RI) / (RM - RI) \end{aligned} \quad (10)$$

視覚的には接点が, 各辺の中央なのか左(上)なのか, それとも右(下)の部分なのか, 大雑把に3等分しての位置が分かれば良い. そのため, 式(10)の代わりに次の計算をする.

$$\begin{aligned} NP_U &= \text{ceil}(NPCU * 3), \quad NP_D = \text{ceil}(NPCD * 3), \\ NP_L &= \text{ceil}(NPCL * 3), \quad NP_R = \text{ceil}(NPCR * 3) \end{aligned} \quad (11)$$

ただし, ceil は整数に切り上げ(丸め)を意味する.

5. 実験

前述の特徴量を, 実際の指文字のカラー画像を使って評価する.

5.1 実験環境

カメラは三脚固定で白色照明の下, 被験者の手に焦点を合わせて撮影した. 手首まで黒地で覆われる長袖上着を着用し, 指文字「あ」から50音順で41枚の画像を得た.

5.2 実験データの評価

上述の41枚の静止画像について二値化をして(2)~(5)の面積・重心・フェレ径を算出する. さらに, これらの基本特徴量から(6)~(11)の正規化特徴量を算出し, これを $P_{(i,n)}$ とする. ここで, i は指文字を識別する識別子であり $1 \leq i \leq 41$, n は式(n)に対応する $6 \leq n \leq 11$ である. 正規化した特徴量の例を表1に示す.

特徴量の種類 n 毎に特徴量を評価する関数 F_n を導入して, 未知の画像の指文字を推定するためにその特徴量 Q_n からの評価式を定義する. 41文字に対する各 i について

$$f(i) = \sum_{n=6}^{11} F_n(P_{(i,n)}, Q_n) \quad (12)$$

ここで, $f(i)$ を最大にする i を見つけると, i が推定する指文字を意味する.

最も単純な評価関数 F_n の例は, $Q_n = P_{(i,n)}$ ならば1, そうでなければ0とする関数である. 別の評価関数の例としては, 特徴量間に優先度を考慮したり, 41個の既知の特徴量に対して確率を考慮したりするものが考えられる. 本論文では評価関数の考え方を提案するに留める.

6. まとめ

評価関数として, 正規化した外接長方形の接点位置, 次いでフェレ径比を優先するものを用いると指文字推定は6文字が分類できなかった. そこで, 緑のマニキュアを使って爪の個数・位置を新たな特徴量に加える試みをしたところ, 2文字以外は分類できた. 残る2文字とは, 指文字「う」「ら」(図2)である. これにはフィルタによる輪郭線の抽出を検討したが評価関数の定義に至っていない. これからの課題である.

また今後は, 多くの人の指文字に対しても外接長方形の接点識別法が有効かどうか, その適用性を確認する必要がある. さらに, 動きある指文字や手話単語など, 新たに導入すべき特徴量を検討し, それを用いた手形状の認識アルゴリズムを開発し, 手話認識システムを作成していく.

謝辞

本研究の一部は, 文部科学省のハイテク事業による私学助成を得て行われた.

参考文献

- [1] 渡辺賢, 岩井儀雄, 八木康史, 谷内田正彦, “カラーグローブを用いた指文字の認識,” 信学論(D-2), Vol.J80-D-2, No.10, pp.2713-2722, Oct.1997.
- [2] 三留綾, 市毛弘一, 石井六哉, “マスキングと規格化処理を用いた手領域画像の特徴解析及び手指形状認識,” 信学論(D), Vol.J89-D, No.6, pp.1369-1378, June 2006.
- [3] 大崎絃一, 神代充, 宗澤良臣, 梶原康博, 画像認識システム学, 共立出版, 2005.