

口唇の局所領域形状に着目した個人識別のための口唇形状グループ化法 Lip Shape Grouping for Identifying Individuals by Using Local Shape Features of Lip Region

高橋 毅[†] 景山 陽一[†] 西田 眞[†]

Tsuyoshi Takahashi Yoichi Kageyama Makoto Nishida

1. はじめに

近年、情報通信システムの発展に伴うセキュリティ確保のため、本人固有の身体的特徴を利用した個人識別の研究が行われており、指紋認証や静脈認証などが実用化されている。また、行動的特徴を利用した手法として、発話に伴う口唇の動き特徴に着目した個人認証や発話認識に関する研究が行われている[1-3]。

口唇は発話動作などの行動的特徴に加えて、個人固有の身体的特徴も有する。例えば、口唇輪郭などの全体的な形状のほか口裂形状、上唇・下唇の厚さなど局所部分の形状にも個人固有の特徴が存在する。このため、局所領域における複数の形状特徴に着目し、個人を形状特徴別のカテゴリにグループ化することができれば、口唇を用いた個人識別の精度向上に大きく寄与すると考える。

そこで本研究では、口唇を3つの局所領域に分割することで、各領域に含まれる局所的な形状特徴を取得し、類似した形状ごとに口唇をグループ化する手法について検討を加えた。

2. 使用画像データ

3CCDビデオカメラ (SONY 製: DCR-VX2100) を用い、52名の被験者 (20代男女, モンゴロイド) が軽く口を閉じた状態の顔を室内環境下 (蛍光灯下, 照度約650~800lx) で撮影した。なお、被験者はカメラに正対し、口唇の横幅が約75画素となるようにカメラとの距離を調節している。また、撮影は1週間以上間隔をあけて2回実施し、1回当たり各被験者5秒程度の動画像 (320×240画素) を取得した。得られた動画像を30fpsの静止画像に変換した後、口唇形状自動抽出法[2]により口唇抽出画像を取得した。得られた口唇画像において、口唇形状が良好に抽出された画像を被験者毎に前半分 (初回撮影分) 5枚、後半分 (2回目撮影分) 5枚をそれぞれ選定し、合計520枚の使用画像データとした。なお、使用画像データにおいて、前半分260枚を口唇形状登録用データとした。また、後半分260枚を5セット (1枚×52人) に分割し、実験に用いるデータセット1~5とした。

3. 口唇の形状特徴

3.1 口唇領域の各部位

口唇領域は部位毎に異なる形状を有している[4]。これら口唇領域の各部位は個人毎に相違が認められ、特に上唇や下唇の厚さ、ならびに口裂の形状 (口裂が描く曲線) などにおいて顕著に見られる。そこで本研究では、“上唇・下唇”、“口裂”、ならびに“キュービッド弓”の3部位における形状特徴に着目した。

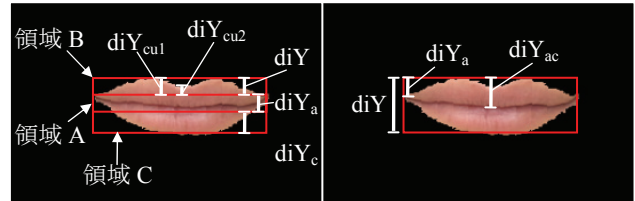


図1 口唇局所領域と計測部位

3.2 特徴量

図1に示すように、口唇を局所領域A, B, Cに分割し、局所領域内各部位の縦幅を用いて特徴量を算出した。領域Aは口裂を包含する矩形、領域Bは領域A上底から上唇全体を包含する矩形、領域Cは領域A下底から下唇全体を包含する矩形である。詳細を以下にまとめる。

- (1) 上唇、下唇の厚さ割合: 領域B, Cの縦幅 diY_b , diY_c の口唇縦幅 diY に対する比率 R_{by} , R_{cy} を領域B (上唇) および領域C (下唇) の厚さを表す特徴量とする。
- (2) 口裂の形状: 領域Bの上底から口裂の左端および中央点までの縦幅 diY_{al} , diY_{ac} の口唇の縦幅 diY に対する比率 R_{al} , R_{ac} を口裂の形状特徴とする。
- (3) キュービッド弓窪み: キュービッド弓の上底から領域Aの上底までの縦幅 diY_{cu1} とキュービッド弓の下底から領域Aの上底までの縦幅 diY_{cu2} の比を窪み深さ R_{cu} とする。

4. 形状カテゴリ

4.1 形状カテゴリの作成

図2に示すように、口唇形状をC1からC18の18区分に分類し、これを形状カテゴリとした。形状カテゴリは、局所領域各部位の形状をそれぞれ複数の形状グループに分類して作成した。(1)~(3)に詳細を示す。

- (1) 上唇・下唇の厚さ特徴量より3グループに分類。
 - ①上唇が厚いグループ ($R_{by} > R_{cy}$)
 - ②上唇と下唇が同じ厚さのグループ ($R_{by} = R_{cy}$)
 - ③下唇が厚いグループ ($R_{by} < R_{cy}$)
- (2) 口裂の形状特徴量より3グループに分類。
 - ①口裂形状が上に凸であるグループ ($R_{al} > R_{ac}$)
 - ②口裂形状が直線状であるグループ ($R_{al} = R_{ac}$)
 - ③口裂形状が下に凸であるグループ ($R_{al} < R_{ac}$)
- (3) キュービッド弓により2グループに分類。
 - ①窪みが存在するグループ ($R_{cu} > 1$)
 - ②窪みが存在しないグループ ($R_{cu} = 1$)

4.2 類似形状に関する検討

撮像機器との位置関係などに起因して、必ずしも正確な口唇形状を得られない場合、近い形状のカテゴリに分類される可能性が高い。そこで本研究では、着目カテゴリとその周辺カテゴリを“隣接”という関係で表現する。

[†]秋田大学 Akita University

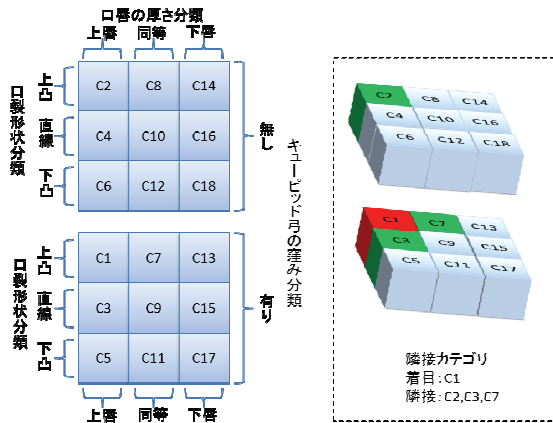


図2 形状カテゴリ

例えば、C1の隣接カテゴリはC2, C3, C7である。このように、口唇の厚さ、口裂形状、ならびにキュービッド弓の形状グループが1カテゴリ分ずれ、着目カテゴリと近い関係にあるものが隣接カテゴリである。隣接カテゴリは着目カテゴリの隣に位置する。また、着目カテゴリの位置によってそれぞれ3~5の隣接カテゴリを有する。

5. 口唇形状分類アルゴリズム

5.1 特徴量抽出処理

口唇領域分割処理の流れを以下にまとめる。

- ① 口唇画像のRGB値から $L^*a^*b^*$ 値を算出し、口唇の L^* 画像を作成する。
- ② 口唇領域内の画素列毎の L^* 最小値を口裂候補として取得する。
- ③ 口裂候補の左右端座標より画像の傾きを算出し、口唇領域画像および口裂候補画像にアフィン変換を施す。
- ④ 口裂が含まれる矩形を領域A、領域A上底から上唇を包含する矩形を領域B、領域A下底から下唇を包含する矩形を領域Cと設定する。
- ⑤ 口唇輪郭画像および口裂画像から、 diY , diY_a , diY_b , diY_c , diY_{al} , diY_{ac} , diY_{cu1} , diY_{cu2} を取得する。
- ⑥ 上記⑤で得られた値に基づき、特徴量 R_{ay} , R_{by} , R_{cy} , R_{al} , R_{ac} , R_{cu} , $R_{by-R_{cy}}$, $R_{al-R_{ac}}$ を算出する。

5.2 分類処理

特徴量取得処理によって得られた各特徴量に対して、ファジィ推論[5]による形状判定処理を施し、上唇・下唇の厚さ、口裂形状、キュービッド弓それぞれの形状グループを判定する。具体的には、各特徴量に対応する前件部メンバーシップ関数 $A1\sim A3$ を設定し、各形状グループに対する帰属度を算出する。その結果、帰属度が最大となる形状グループに属すると判定する。次に、得られた各形状グループの組合せにより、分類対象の口唇が属する形状カテゴリを決定する。最後に、ファジィ推論で出力された $R_{by-R_{cy}}$, $R_{al-R_{ac}}$, R_{cu} の帰属度を用いて各隣接カテゴリとの近さ度合いを判定し、最近傍と考えられる隣接カテゴリNC1、次点の隣接カテゴリNC2を決定する。なお、前件部メンバーシップ関数 $A1\sim A3$ の形状は三角型とし、106名(分類実験に用いた52名分を含む)の特徴量分布に基づいて関数形状を決定した。

表1 登録データとの一致率

	同一	隣接 NC1	隣接 NC2	その他 隣接	一致率 計
データセット1	42.3%	21.2%	9.6%	5.8%	78.9%
データセット2	48.1%	19.2%	5.8%	5.8%	78.9%
データセット3	34.6%	25.0%	9.6%	7.7%	76.9%
データセット4	34.6%	17.3%	7.7%	7.7%	67.3%
データセット5	48.2%	21.2%	5.8%	3.8%	76.9%
1~5平均	41.2%	20.8%	7.7%	6.2%	75.8%
最良のパターン	61.5%	15.4%	5.8%	5.8%	88.5%

6. 分類実験および考察

6.1 評価基準

登録データとデータセット1~5との比較評価の基準を以下に示す。

- ①分類カテゴリが同一：最良の結果と評価。
- ②隣接カテゴリNC1およびNC2と同一：分類が良好に行われ、有用な結果と評価。
- ③その他隣接カテゴリと同一：分類が比較的良好に行われたと評価。
- ④隣接圏内に同一カテゴリ無し：全く異なる形状に分類されたと評価。

6.2 実験結果

登録データとデータセット1~5の一致率を表1にまとめる。最も良好な結果を得た事例はデータセット2であり、登録データとの一致率48.1%(52枚中25枚)、NC1とNC2を含めた範囲では73.0%(52枚中38枚)、その他隣接までを含めると78.8%(52枚中41枚)であった。データセット1~5の平均は、登録データとの一致率41.2%、NC1とNC2を含めた範囲では69.7%、その他隣接までは75.8%であった。各データセットの画像は無作為に選択しており、最良の組合せとなった場合では、登録データとの一致率は61.5%、その他隣接まで含めると88.5%という結果が得られている。

また、キュービッド弓は、ほぼ全て“窪み有り”と判定され、分類に与える影響が少ないことが明らかとなった。

7. 本研究の成果および今後の課題

本手法を用いることで、約75.8%の被験者を18カテゴリ中3~5カテゴリの範囲に絞り込むことが可能である。

以上の結果は、個人識別処理における識別対象の絞り込み法として、提案手法が有用であることを示唆するものである。

今後は、口唇の縦横比などの形状特徴について検討を加える予定である。

参考文献

- [1]佐藤, 成田, 景山, 西田, “口唇の形状情報を用いた口唇領域自動抽出処理の改善”, 電学論C, Vol.130, No.5, pp.873-881(2010).
- [2]白澤, 三浦, 西田, 景山, 栗栖, “口唇の動き特徴を用いた個人識別に関する検討”, 映情学誌, Vol.60, No.12, pp.1964-1970(2006).
- [3]齋藤, 小西, “トラジェクトリ特徴量に基づく単語読唇”, 信学論, Vol.J90-D, No.4, pp.1105-1114 (2007).
- [4]小野, 飯塚, 吉武, “口腔外科学”, 金芳堂(2002).
- [5]寺野, 浅居, 菅野, “応用ファジィシステム入門”, オーム社(1989).