

顔部品の形状と配置に対する固有空間を用いた性別・表情分析と似顔絵生成

西野 史康 金子 正秀

電気通信大学 大学院電気通信学研究所

1. まえがき

似顔絵は個人の顔特徴を端的に表現したものであり、自然な似顔絵の自動生成を行うシステムの開発が望まれている。筆者らは、固有空間を用いた似顔絵生成に関する基本的手法を提案した[1]。また、得られた固有空間がどのような形状変化を表すか視覚的に明らかにした[2]。

本論文では、男女と基本 6 表情の顔サンプルに対して顔特徴解析を行い、カテゴリー別に顔特徴がどう異なるかを調べる。また、個人の顔がどのくらいの割合で男女や各表情の顔特徴を含んでいるかを判別させる。

2. 主成分分析による顔特徴解析

2.1 主成分分析

(財)ソフピアジャパンの顔写真データベース 300 人分(男女各 150 人)を用いて、顔特徴に対する主成分分析を行う。ただし、口に関しては、上記のデータベースでは口の開閉に対応できないため、基本 6 表情に対応している日本大学文理学部学術フロンティア推進事業「デジタルアーカイブ・インフラストラクチャの構築と高度利用」の一プロジェクトとして構築を進めている顔情報データベース(以下 FIND)[3][4]を用いる。

顔写真の整合には、三角形パッチの集合で構成された 3 次元形状モデルを用いる。具体的には、感性擬人化エージェントのための顔情報処理システム[5]で開発された整合ツールを改良したものを用いる。3 次元形状モデルには 760 個の頂点が含まれているが、その中から目 12 点、眉 10 点、鼻 30 点、口 44 点、顔輪郭 38 点の 2 次元座標を抽出する。

各顔部品について基準点を設定し、基準点を原点とする座標に変換する。また各基準点だけをまとめて配置情報として取扱う。各顔部品の形状情報と配置情報に対して各々独立に主成分分析を行う。また、目・眉・口の傾き情報は、配置や形状情報とは分離して取扱う。例として

Analysis of Sex and Expressions Using Eigenspaces for Each of Shapes and Arrangement of Facial Parts
Fumiyasu NISHINO, Masahide KANEKO
The University of Electro-Communications

眉の形状について第 1 主成分から第 4 主成分まで主成分の重みを $\mu \pm 5\sigma$ まで変化させた結果を図 1 に示す (μ : 平均値、 σ : 標準偏差)。

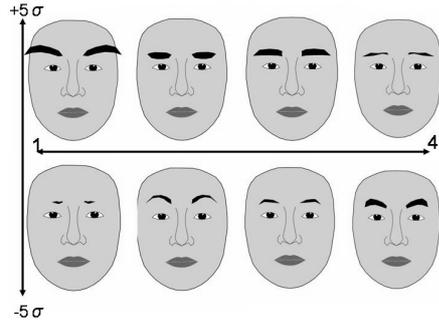


図 1 眉の各主成分によって表現される形状特徴 (左から右の順に第 1~第 4 主成分に対応)

2.2 直交展開を用いた特徴強調

入力顔画像に対して似顔絵を生成する場合について述べる。入力形状から平均形状を引いた差分ベクトルを、対応する固有空間を構成する個々の固有ベクトルに射影する(直交基底への展開)。そして、各固有ベクトルに対応する重みパラメータ(展開係数)を求める。得られた展開係数に対して適当に強調処理を行った上で、各固有ベクトルを足し合わせることで、顔特徴が強調された似顔絵を得ることができる。武蔵丸の顔特徴を、自動強調して作成した似顔絵の例を図 2 に示す。

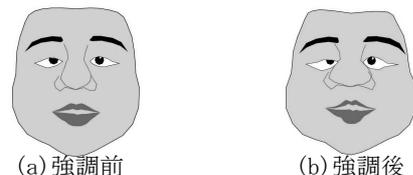


図 2 自動強調した武蔵丸の似顔絵

3. 固有空間を用いた性別・表情分析

3.1 男女・基本 6 表情の代表顔

性別・表情分析を行う際、前もって男女・基本 6 表情の代表顔を作成しておく必要がある。男女の代表顔については、2.1 で整合したソフピアジャパンの顔写真データ 150 人分ずつを平均化することで作成する。基本 6 表情の代表顔については、前述の FIND を用いる。FIND には基本 6 表情の顔画像が、アクションユニット(AU)の違いにより 2 種類含まれている。各々の顔画像を前述の整合ツールで整合し、平均顔を作成

する。ここで、AU が異なる場合には同じ感情を示していても別の表情とみなす。これにより、基本 6 表情の平均顔は 12 種類できる。平均顔の例を図 3 に示す。

以上の操作で作成された各代表顔を、2.1 で計算した固有空間に展開し、その展開係数を求める。各固有ベクトルに得られた係数を乗じたものが、固有空間内での各代表顔の位置を表す。

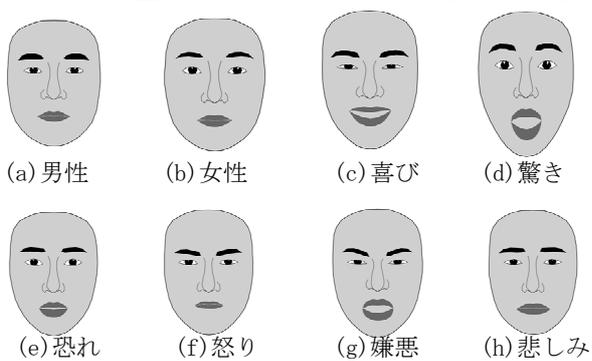


図 3 各種平均顔

3.2 固有空間を用いた性別・表情分析

3.1 で解析した代表顔を用い、入力顔に対してどのくらいの割合で各表情が含まれているかの判別を行う。判別に関しては以下の式を用いる。

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

M: 適合度
 w_i : i 番目の主成分の重み係数
 x_i : i 番目の主成分の適合度

重み係数 w_i は次のようにして設定する。各代表顔を主成分に展開した場合の展開係数において任意に閾値を決める。各主成分における展開係数を閾値で除した値が重み係数の値になる。

適合度は、各表情における代表顔が各主成分においてとる展開係数の位置を 1 とし、平均顔が主成分においてとる係数の位置から線形に増加していく関数を用いて計算する。出力値はパーセント表記とする。各代表顔の出力値は 100% になる。例えば、男性代表顔を入力すると、「男性: 100%」と出力される。用いる関数の特性上、出力値が 100% を越える事もあり得る。

4. 評価実験

4.1 サンプルの識別実験

3.2 で述べた方法に基づいて、分析に用いた顔サンプルを射影入力させた場合にどのカテゴリーに分類されるかの実験を行った。分類する際には、出力結果の表情の割合が一番高かったものをサンプルの属性とした。識別結果を表 1 に示す。男女の識別では約 90%、表情の識別では 78~96%となっている。識別率は 3.2 の適合度

を決める関数によって変化するので、より良い識別結果を与える関数を検討していきたい。

表 1 各表情の識別結果(単位: %)

男性	女性	喜び	驚き	恐れ	怒り	嫌悪	悲しみ
88.7	90.7	77.8	79.2	95.8	92.0	90.5	81.0

4.2 入力顔に対する出力値例

次に、いくつかの入力顔に対してどのくらいの割合で各表情を含むかの実験を行った。入力顔例を図 4 に、出力結果を表 2 に示す。(a)、(b)はソフトピアジャパンのデータベースから、(c)、(d)は FIND から選んだ。例えば(a)のサンプルであれば、恐れや悲しみといった要素が他の要素に比べて強く出ている。

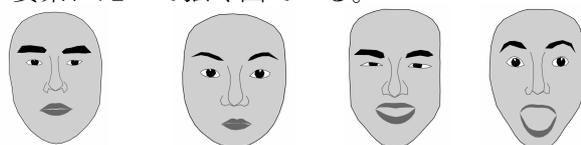


図 4 入力顔例

表 2 入力顔の出力結果(単位: %)

	男性	女性	喜び	驚き	恐れ	怒り	嫌悪	悲しみ
a	161.5	71.8	51.9	50.9	86.2	82.2	70.2	88.0
b	40.4	169.2	38.3	41.8	54.5	48.7	42.3	44.0
c	138.3	73.3	145.1	57.0	103.1	136.3	106.0	107.9
d	86.7	201.3	100.2	142.3	87.9	71.2	83.9	63.2

5. むすび

男女と基本 6 表情のそれぞれにおいて、入力顔がどのくらいの割合で各々の顔特徴を含むかを示すシステムを提案した。このシステムは本論文で示した表情だけでなく、代表顔を規定してさえおけば「しょうゆ顔」等の顔印象語に対応した顔にも適用できる。

今後、分析に用いたサンプル以外のサンプルを用いた識別実験を行う。顔特徴の識別値が人間の抱くイメージと一致するかについての検討も行う予定である。また判別式と適合度の関数については更なる考慮の余地がある。

参考文献

- [1] 徐光哲、他：“固有空間を利用した計算機による似顔絵の生成,” 信学論 D-II, vol.J84-D-II, no.7, pp.1279-1288, 2001.7.
- [2] 金子正秀、他：“固有空間法による顔特徴の分析と印象語に基づく顔画像の生成,” 日本顔学会誌, vol.3, no.1, pp.63-73, 2003.9.
- [3] 山口、他：“顔情報データベースの基礎的検討,” 信学技報 HCS2002-51, pp.25-30, 2003.3.
- [4] 吉田、他：“顔情報データベースの基礎的検討(2)-撮影環境と検索インターフェイスについて-,” 信学技報 HCS2004-12, pp.13-16, 2004.7.
- [5] <http://www.tokyo.image-lab.or.jp/prj/aa/ipa/>