

H-037

一般化学習ベクトル量子化と顔形状モデルによる顔特徴点検出

Facial Feature Detection using Generalized LVQ and Facial Shape Model

森下 雄介†
Yusuke Morishita

今岡 仁†
Hitoshi Imaoka

1. まえがき

顔特徴点検出とは、顔画像中から瞳、鼻、口などの顔器官の特徴点位置を検出することであり、高精度な顔認証や表情認識などのために重要な技術となっている。顔特徴点検出手法としてこれまでに、AdaBoost による検出器[1]などを利用して顔器官の特徴点位置を求めた後に、顔特徴点の位置関係を表す顔形状モデルを用いて位置を補正するアプローチが提案されている。例えば、SOS-AAM[2]では、AdaBoost 検出器で顔特徴点の信頼度を算出した後に、複数の顔画像から得られた特徴点座標を主成分分析して求めた部分空間内で、顔特徴点信頼度を考慮しながら尤もらしい特徴点を探索する。また、文献[3]では、分離度フィルタなどを用いて顔特徴点を検出した後に、標準的な 3D 顔特徴点座標を用いて顔らしい配置になっているかを判定する。しかし、これらの手法では、照明変動や遮蔽などにより顔特徴点の信頼度や検出した点に異常値が含まれている場合、それらを考慮せずに顔形状モデルによる補正を行うため顔特徴点の位置を正しく求められない。

本研究では、一般化学習ベクトル量子化 (Generalized Learning Vector Quantization : GLVQ)[4]と顔形状モデルによる顔特徴点検出手法を提案する。提案手法では、まず GLVQ を用いた 2 クラス識別器により各顔特徴点の候補を検出する。次に、照明変動や遮蔽などにより生じた異常値を最小メジアン推定により判定し、顔形状モデルにより顔特徴点位置を補正する。これにより、様々な照明変動が含まれる画像に対しても、安定して高精度に顔特徴点の検出が可能である。

2. 提案手法

2.1 概要

まず、提案手法で検出する顔特徴点を図 1 に示す。顔特徴点は、右目頭、右瞳、右目尻、左目頭、左瞳、左目尻、鼻右端、鼻左端、鼻下、右口角、左口角、上唇上端、上唇下端の 13 点である。これらの点は、顔特徴のエッジが強く顔特徴点検出を比較的し易い、正解の顔特徴点位置を安定して手入力することが可能の二点を考慮して決定した。

次に、提案手法による顔特徴点検出処理の概略を図 2 に示す。提案手法は、図 2 に示すように大きく二つの処理から構成される。前段は、顔画像から瞳や口角などの顔特徴点ごとに特徴点候補を抽出する「顔特徴点候補検出」、後段は、前段で求めた特徴点候補の中から最適な顔特徴点位置を決定する「顔形状モデルによる位置最適化」である。以下でこれらの処理について詳細に述べる。

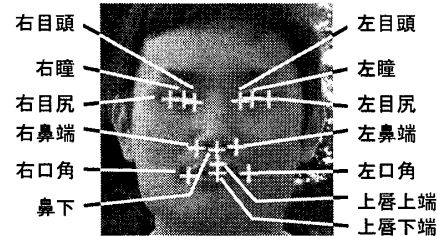


図 1 顔特徴点 13 点の例

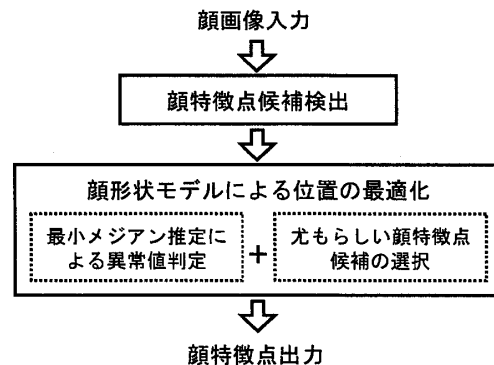


図 2 提案手法の処理の流れ

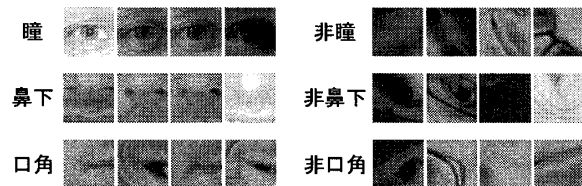


図 3 顔特徴点候補検出における学習画像例

2.2 GLVQ 識別による顔特徴点候補検出

顔特徴点の候補の検出は、GLVQ による 2 クラス識別器により行う。GLVQ は顔検出において高い検出性能が得られることが知られている[5]。GLVQ を用いた顔特徴点候補の検出の処理の流れを以下に示す。まず、顔検出で求めた顔領域から顔画像を切り出す。次に、切り出した顔画像から 8 方向の輝度勾配特徴を抽出し勾配強度画像を得る。次に、瞳、鼻下、口角などの顔特徴点ごとに構築した顔特徴点/非顔特徴点を識別する GLVQ 識別器により、各顔特徴点の信頼度画像を生成する。最後に、信頼度画像から信頼度の高い点を顔特徴点ごとに上位 M 個抽出し、これを顔特徴点の候補として出力する。

顔特徴点/非顔特徴点を識別する GLVQ 識別器の学習には、様々な照明条件が含まれる顔画像から切り出した瞳、口角などを含む顔特徴点画像と、瞳、口角などを含まない非顔特徴点画像を学習画像として使用した。学習画像の例を図 3 に示す。

† NEC 情報・メディアプロセッシング研究所

2.3 顔形状モデルによる位置最適化

提案手法における顔形状モデルを用いた顔特徴点位置の最適化は、図2に示すように、2.2節の顔特徴点候補検出で求めた顔特徴点13個の候補(13×M個)の中から、式(1)に従って最小メジアン推定を用いて異常値を判定しながら、式(2)に示す評価関数に従って尤もらしい顔特徴点の組み合わせを選択することで行う。

$$\tilde{p} = \arg \min_p \text{med}_i \|T_p(\mathbf{x}_i^{(m)}) - \mathbf{z}_i\| \quad (1)$$

$$F = \sum_{i \in C} s_i(\mathbf{x}_i^{(m)}) + \lambda \sum_{i \in C} \sigma(-\|T_{\tilde{p}}(\mathbf{x}_i^{(m)}) - \mathbf{z}_i\|) \quad (2)$$

ここで、式(1)の $\mathbf{x}_i^{(m)}$ は検出した*i*番目の顔特徴点の第*m*候補の座標、 \mathbf{z}_i は顔形状モデルの*i*番目の顔特徴点座標、*p*はヘルムート変換のパラメータ、 T_p はパラメータ*p*によるヘルムート変換を表す。また、式(2)の*C*は顔特徴点の中から異常値を除いた集合、 s_i は2.2節で求めた座標 $\mathbf{x}_i^{(m)}$ における顔特徴点の信頼度、 σ はシグモイド関数を表す。つまり、式(2)の第一項は見た目の顔特徴点らしさ、第二項は顔特徴点の配置の尤もらしさを表し、 λ は両者の比率を調整する係数である。

式(1)および式(2)を用いた顔特徴点位置の最適化は以下のように行う。まず、顔特徴点候補の異常値の影響を除去するため、式(1)に従って最小メジアン推定によりヘルムート変換のパラメータ \tilde{p} を求める。これは、以下の手順により行う。

- ① 13種類の顔特徴点の中から2種類をランダムに選択した後、選択した点を用いて $\mathbf{x}^{(m)}$ と \mathbf{z} の間のヘルムート変換パラメータ*p*を求める。
- ② 求めた*p*を使い、 $\mathbf{x}^{(m)}$ と \mathbf{z} との誤差のメジアン値を計算する。
- ③ ①のランダムな選択処理を繰り返し、②のメジアン値が最も小さい変換パラメータ \tilde{p} を保持する。

次に、求めた \tilde{p} を用いて式(2)により現在の候補 $\mathbf{x}^{(m)}$ の評価値*F*を求める。このとき、 $\mathbf{x}^{(m)}$ の中で \mathbf{z} との誤差が大きな点を異常値とみなし、*F*の計算から除外する。 $\mathbf{x}^{(m)}$ を変えながら以上の処理を繰り返し、*F*が最も高い顔特徴点候補の組み合わせを出力する。

なお、本研究では、顔形状モデル \mathbf{z} を複数の顔画像から得られた特徴点座標の平均位置とした。

3. 顔特徴点検出実験

MBGC version 1.0[6]の静止画データベースを用いて、従来手法であるSOS-AAMと提案手法の顔特徴点検出の評価実験を行った。このデータベースは、屋内や屋外で主に正面から撮影された顔画像で、様々な照明条件の画像を含んでいる。評価に使用した画像枚数は6,000枚であり、2.2節の顔特徴点候補検出の学習に使用していない画像を用いた。また検出性能の評価には、手動で入力した顔特徴点の位置と検出した顔特徴点の位置の差の、瞳間距離に対する比が0.1以下の場合を検出成功とし、13個の顔特徴点ごとに検出率を算出した。

MBGC version 1.0静止画データベースに対する顔特徴点検出率を図4に示す。図4より、全ての顔特徴点において、提案手法の顔特徴点検出率が従来手法を上回っていることがわかる。特に、照明条件によって影になり易い鼻下

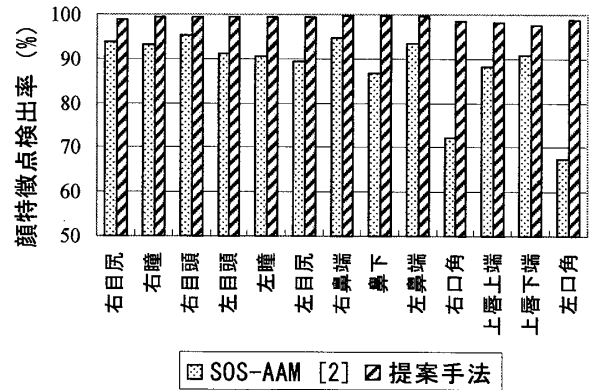


図4 MBGCデータベースにおける顔特徴点検出率

の点や、従来手法で検出率の低い左右の口角について改善幅が大きい。これは、口角周辺は表情変動や個人差による見た目の変化が大きく検出が困難な顔特徴点であるが、提案手法では異常値を判定しながら位置補正を行うことで正しい顔特徴点候補を選択できたためと考えられる。また、図4に示す顔特徴点13点の検出率の平均値は、従来手法で88.2%、提案手法で99.0%となり、様々な照明変動が含まれる場合における提案手法の有効性を確認した。

4. まとめ

本稿では、顔画像から瞳、鼻、口角などの顔特徴点を検出する手法を提案した。提案手法では、13個の顔特徴点について、一般化学習ベクトル量子化を用いた2クラス識別器により各顔特徴点の候補を検出した後、顔特徴点の位置関係を表す顔形状モデルを用いて位置を最適化する。最適化の際に、誤検出した顔特徴点を最小メジアン推定により判定しながら位置の補正を行うため、照明変動や遮蔽により顔特徴点の情報が欠落している場合にも、高精度な検出が可能である。様々な照明条件が含まれる評価画像に対する顔特徴点検出性能を評価した結果、顔特徴点13点の検出率の平均値が、従来法との比較で88.2%から99.0%に向上し、提案手法の有効性を確認した。

参考文献

- [1] P. Viola, et al., "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features," In *IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2001.
- [2] D. Cristinacce, et al., "A Comparison of Shape Constrained Facial Feature Detectors," In *6th Intr. Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition*, 2004.
- [3] 湯浅, 他, "静止画認証のための自動顔特徴点検出," Technical Report on IEICE, PRMU2006.
- [4] A. Sato, et al., "Generalized Learning Vector Quantization," In *Advances in Neural Information Processing Systems*, MIT Press, 1996.
- [5] 細井, 他, "一般化学習ベクトル量子化による顔検出," Technical Report on IEICE, PRMU2003
- [6] P. Jonathon Phillips, et al., "Overview of the Multiple Biometrics Grand Challenge," Proc. of the 3rd IAPR/IEEE Intr. Conf. on Biometrics, 2009.