眼鏡の着用を考慮した顔領域の高精細な抽出

非会員 加藤 克宏* 正員 中村 納*

High-Accuracy Extraction of Faces in Consideration of Person with Spectacles

Yoshihiro Kato*, Non-member, Osamu Nakamura*, Member

An improved algorithm for extraction of faces with spectacles is presented in this paper. To increase the recognition accuracy of human faces, the faces must be isolated precisely. In the conventional system, however, faces with spectacles were occasionally not exactly extracted because of the presence of spectacles. From this point of view, an improved algorithm for isolating spectacles and faces is presented. From the experimental results, correct extraction of faces with spectacles was obtained with high accuracy by the proposed technique.

キーワード：顔画像，特徴抽出，眼鏡

Keywords: Facial image, Feature extraction, Spectacles

1. はじめに

筆者らは、顔画像に基づく個人識別システムの構築へ向けた研究を行っている⁽⁴⁾。研究の初期段階では、眼鏡をかけた人物を考慮していなかった。つまり、被験者が、眼鏡を着用していないことを仮定しているか、あるいは着用している場合でも入力画像と登録画像の双方で同一な条件であることを前提にしていた。

しかしながら、日本人に限定して言えば、人口の約56%が眼鏡を利用しているとの報告もなされている⁽⁸⁾。また、眼鏡をアクセサリの一つとしてとらえ、コンタクトレンズや数種類の眼鏡を併用することも一般的になっている。従って、顔画像を用いるシステムにおいて、眼鏡は考慮すべき要素の一つであると言える。

この観点から、眼鏡フレーム領域の抽出する手法⁽¹⁾⁽²⁾がいくつか提案されており、筆者らも、すでに顔領域からの眼鏡フレームの除去手法を提案し、この手法が有効であることは実験により検証されている⁽⁶⁾⁽⁷⁾。しかしながら、実験を繰り返す中で、いくつかの問題点が確認された。

問題点の一つとして、眼鏡フレームの影響で顔領域が誤抽出されることが挙げられる。これは、従来の眼鏡フレーム除去処理が、抽出された顔領域に対して行われるために、従来手法のままでは対処できない。また、他の問題点として、眼鏡の有無を判定する処理の誤判定が挙げられ、眼鏡

を着用していない人物に対して、眼鏡を着用していると判定する場合があった。

そこで本論文では、上記で述べた従来の眼鏡フレーム除去手法の概要をまとめ、その問題点について考察する。また、その問題の解決に向けた改善手法について検討したので、これについて述べる。

2. 眼鏡フレーム除去手法⁽⁵⁾⁽⁷⁾の概要

眼鏡フレーム除去処理は、以下の順に処理を行う。

- (1) 前処理（顔領域の抽出）
 - (2) 眼鏡フレーム候補領域の抽出
 - (3) 眼鏡の有無の判定
(顔領域に眼鏡が含まれているか否かを判定)
 - (4) 詳細な眼鏡フレーム領域の抽出
 - (5) 補間画像の生成
(顔から眼鏡フレーム領域を除去した画像の生成)
- まず(1)では、人物の色情報に基づき、肌色領域、目領域、唇領域を抽出する。さらに、顔らしさの判定を行い顔らしいと判断された領域に対し抽出処理を行う⁽³⁾⁽⁵⁾。また、第2フレーム目以降では動き情報も取り入れ、顔領域を抽出する(図1参照)。

(2)の眼鏡フレーム候補領域の抽出では、前処理で抽出された顔領域内の眼鏡フレームと肌領域の境界に対して線強調処理を行うことで、眼鏡フレーム候補領域を抽出する(図2(a)参照)。

次に(3)において(2)で抽出された眼鏡フレーム候補領域と(1)で抽出される唇領域を用いて、その位置関係から眼鏡が存在するか否かを判定を行う。

* 工学院大学

〒163-8677 東京都新宿区西新宿 1-24-2

Kogakuin University

1-24-2, Nishi-shinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo 163-8677

図 1 顔領域の抽出

Fig. 1. Extraction of facial area.

図 2 眼鏡フレーム領域の除去

Fig. 2. Isolation of spectacles.

続いて、顔領域に眼鏡が含まれていると判定された場合に、(4)では眼鏡フレーム候補領域に基づき、詳細な眼鏡フレームの抽出を行う(図2(b)参照)。最後に(5)の補完画像の生成処理によって、眼鏡フレームを除去した顔画像が生成される(図2(c)参照)。

3. 従来手法⁽⁵⁾⁽⁷⁾の問題点

前述のとおり、従来手法では、眼鏡フレーム除去処理を行う前に、顔領域の抽出を行っている。しかし、眼鏡着用者の場合において、顔領域を抽出する際に、眼鏡フレームの影響で顔領域が上下に分割されることがあった(図3(a)参照)。原因として、顔領域抽出処理において唇領域を含む肌色領域を顔候補領域として抽出し、唇領域や目領域に基づき顔らしさの判定を行っていることが挙げられる。

したがって、2分割された上部領域(主に、額部分)には、唇領域が含まれないので、顔領域として抽出されない。そこで、この問題を解決する方法として顔領域を抽出する前に、眼鏡フレームの抽出を行うことが考えられる。しか

図 3 従来手法の問題点

Fig. 3. Problems in the conventional method.

し、眼鏡フレームを抽出するには、顔の位置を特定し、唇領域を抽出する必要がある。そこで、大局的に顔領域と唇領域する方法を検討した。

また、もう一つの改善すべき点として、眼鏡の有無の判定処理が挙げられる。理由として、眼鏡をかけていない人物の場合に、顔領域の額の一部や髪の毛等を眼鏡フレーム候補領域として抽出すると、従来手法では、眼鏡があると誤判定されることがあることが挙げられる(図3(a)参照)。このことは、顔領域抽出処理から顔による個人識別までのシステム全体で考えた場合に、眼鏡をかけていない人物に対しても補間処理が行われてしまうことを意味しており、この後に行われる処理における精度の低下に繋がると考えられる。そこで、判定条件を見直し新たな条件を加えることを検討した。

しかしながら、顔領域抽出や眼鏡フレーム除去処理は、顔画像による人物識別の前処理と言う位置づけであるが、識別処理に比べ処理が複雑であり処理時間がかかっている。したがって、処理の増大を防ぐためにできるだけ簡単な処理で上記の問題点を解決する必要がある。

次節では、それぞれの改善手法の概要について述べる。

4. 提案手法の概要

4.1 大局的な顔領域の抽出 3.では、顔領域を抽出する前に、眼鏡フレーム領域を除去する必要性について述べた。しかし、眼鏡領域を抽出するためには、顔領域をおおまかに抽出する必要がある。そこで、大局的な顔領域抽出方法を提案する。

処理は、以下の4段階で行われる。

(1) まず、入力画像において条件式(1)を満たす肌色領域を抽出する(図4(a)(b)参照)。

$$0.14 \leq \frac{G-B}{R-B} \leq 0.73 \quad (R > B) \dots \dots (1)$$

この式は、以下のRGB表色系からHSV表色系のH(色相)への変換式⁽⁹⁾より導きだされる。

$$V = \max(R, G, B),$$

$$X = \min(R, G, B) \text{ とすると,}$$

$$H \text{ の値 } (0 \leq H \leq 360) \text{ は,}$$

$$H = \begin{cases} 60 \cdot (b_t - g_t) & (V = R) \\ 60 \cdot (r_t - b_t) + 120 & (V = G) \\ 60 \cdot (g_t - r_t) + 240 & (V = B) \end{cases}$$

但し, r_t, g_t, b_t は,

$$r_t = \frac{V-R}{V-X}, g_t = \frac{V-G}{V-X}, b_t = \frac{V-B}{V-X}$$

とする。

これらの値は, RGB 各成分と V 間の距離の比率を示していると言える。

ここで, 人間の肌色は, 色相値 (H) がおよそ 0 から 30 の辺りに分布することに基づき, 筆者らは, 予備実験により, $8.44 \leq H \leq 43.59$ を肌色範囲としてきた (360 段階で考えた値であり, 256 段階における $6 \leq H \leq 31$ に相当する)。したがってこの範囲に限定すれば $V = R$ の場合だけを考えればよいので, 上記の変換式より,

$$H = 60 \cdot \left(\frac{G-B}{R-X} \right)$$

が導きだせる。このとき $H > 0$ となるのは, $G > B$ の場合である $X = B$ となる。以上から,

$$\left(\frac{G-B}{R-B} \right) = \frac{H}{60}$$

という関係が求まり, この関係式と $8.44 \leq H \leq 43.59$ という条件から, 条件式 (1) が導きだされる。

条件式 (1) を用いることで, 画像全体の色相値を求めてからしきい値処理を行う必要がなくなり, RGB 成分から直接肌色領域を求めることができるため, 処理の高速化も期待できる。

(2) (1) で抽出された領域の重心を求める。

(3) 半径 r の円 $S_{x,y}(r)$ と円内の抽出領域 F との比率から, 以下の条件式 (2) を満たす半径 r^* を求める。

$$r^* = \min_r \left\{ \frac{F}{S_{x,y}(r)} \mid \frac{F}{S_{x,y}(r)} \leq 0.75 \right\} \quad \dots\dots\dots (2)$$

但し,

r : 円の半径, (x, y) : 抽出領域の重心

$F, S_{x,y}(r)$: 各領域の面積,

とする。

この条件式は, 抽出領域の面積が円の面積の 75% になるまで円の半径を縮小していく処理を表している。また, 円内の抽出領域 F の重心を求め, 円の中心を新たな重心に更新していくことで背景の影響を抑えることができる (図 4(c) 参照)。

(4) 条件式 (2) を満たした円内の抽出領域 F を, 大局的な顔領域として抽出する (図 4(d) 参照)。

ここで用いた円の半径の縮小処理で用いたしきい値 0.75 という値は, 予備実験に基づいて決定した。

予備実験では, 従来の顔領域抽出処理において正しく抽出された顔画像を用いて, 抽出領域と外接円との面積比を算出した。この面積比は, 円の半径の縮小処理におけるし

図 4 大局的な顔領域の抽出

Fig. 4. Rough restriction of facial area.

きい値と同質のものであるといえる。

任意の 10 枚の顔画像を用いて上記面積比を算出した結果, 平均値は 0.79 であった。しかし, 従来の顔領域抽出処理では髪領域を除去処理を行っているが, 提案手法である大局的な顔領域抽出では行っていない。したがって, 若干早い段階で縮小処理を打ち切る目的で, しきい値を 0.75 とした。

4.2 大局的な唇領域の抽出 眼鏡フレーム除去処理の中で行われる眼鏡の有無の判定処理では, 唇領域との位置関係や大きさの比較によって判定するため, 唇領域についてもおおまかに抽出する必要がある。

従来の顔領域抽出処理では, YIQ 表色系の Q 成分を用いて唇領域を抽出していた。しかし, 今回提案する手法では, 処理の軽減のために, 上記の大局的顔領域抽出処理で求めた色相成分を用いることを検討した。

一般に, 唇領域は, 肌色領域に比べ赤みを帯びている。すなわち, 色相成分において肌色領域より低い値を示す。したがって, 上記 4.1 で抽出された顔領域における色相成分のヒストグラムを求め, しきい値処理を行うことで, 唇領域は抽出される。

大局的な唇領域の抽出処理は, 以下の 5 段階で行われる。

(1) 顔領域における色相成分のヒストグラムを作成する (図 5(a) 参照)。

(2) 最大頻度をとる色相値 $I_{\max}$ を求める。

(3) 色相成分ヒストグラム上で, $I_{\max}$ までの頻度の差分値を算出し, 式 (3) より差分値の平均 D_{avg} を求める (図 5(b) 参照)。

$$D(h) = I(h+1) - I(h)$$

$$\sum_{h=1}^{I_{\max}} D(h)$$

$$D_{\text{avg}} = \frac{h=1}{I_{\max}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

但し,

$D(h)$: h での差分値, $I(h)$: h における頻度,

(a) Histogram (Hue element)

(b) Distribution of difference value $D(h)$

$$(D_{\text{avg}} = 14, T_h = 104)$$

(c) Thresholding

(d) Roughly extracted mouth area

図 5 大局的な唇領域の抽出

Fig. 5. Rough extraction of mouth area.

h : 色相値 ($0 \leq h \leq 255$)

- (4) 顔領域における色相成分のヒストグラムが比較的なだらかで平らな部分とモード(山)により構成されることが確認でき、色相値の低いなだらかで平らな部分に唇領域が含まれていると考えられる。よって(3)で求めた差分値の平均 D_{avg} より小さい差分値が連続する部分に唇領域が含まれていると考えられる。

そこで、差分値の分布(図5(b)参照)において、値の低い方から走査していき、 D_{avg} より大きい値が連続する箇所をしきい値 T_h に設定する。図5(b)の場合、 $D_{\text{avg}} = 14$ であるため、 $D(h) = 14$ の直線と交わる色相値 $h = 104$ がしきい値 T_h に設定される。

- (5) (4)で求めたしきい値 T_h 以下の値を持つ領域を抽出し、ラベリング処理を行い、最大領域を大局的な唇領域として抽出する(図5(c)(d)参照)。

4.3 眼鏡の有無の判定処理の改善 従来手法では、以下の3つの条件により判定していた(図6(a)参照)。

図 6 眼鏡有無の判定

Fig. 6. Evaluation of the presence of spectacles.

- (1) 眼鏡領域の水平方向の幅は、唇領域の水平方向の幅より大きい。
 (2) 唇領域の両端点を結んだ直線を中心を通る垂線は、眼鏡フレームを通過する。
 (3) 眼鏡領域と唇領域は重ならない。
 しかし、眼鏡をかけていない人物の場合に、顔の一部や眉などが眼鏡フレーム候補領域として抽出され、上記の条件を満たしてしまい、眼鏡が存在すると誤判定されてしまう場合があった。そこで、提案手法では、顔領域との比較と眼鏡の形状における特徴に基づき、以下の2つの条件を加えることを検討した(図6(b)参照)。

- (4) 眼鏡領域は、水平方向の幅の方が垂直方向の幅より大きい。

$$W_s > H_s \dots\dots\dots (4)$$

但し、

W_s : 眼鏡フレームの幅

H_s : 眼鏡フレームの高さ

である。

- (5) 眼鏡領域の水平方向の幅は、顔領域における水平方向の幅の半分の幅より大きい。

$$W_s > (W_f \times 0.5) \dots\dots\dots (5)$$

但し、

W_s : 眼鏡フレームの幅

H_s : 顔領域の幅

である。

5. 実験結果および考察

86枚の顔画像を用いて実験を行った。(86枚のうち37枚が眼鏡無し顔画像、49枚が眼鏡あり顔画像である。)

5.1 大局的な顔領域の抽出について 大局的な顔領域の抽出処理では、背景をわずかに含んでしまった画像がいくつかあったが、全ての画像において後続く処理に影響しない精度で抽出することができた。

また、従来の正確な顔領域の抽出処理では、顔領域が眼鏡フレームの影響で上下に分割されてしまっていた画像に対しても、提案する大局的な顔領域抽出処理では、顔全体を抽出することが確認できた。図7に従来手法と提案手法を用いた抽出実験の結果を示す。

(a) Input image

(b) Mis-extracted area by conventional method

(c) Extracted area by proposed method

図 7 顔領域抽出処理の比較

Fig. 7. Comparison of facial areas extracted.

(a) Correctly extracted mouth area

(b) Mis-extracted mouth area

図 8 大域的な唇領域の抽出結果

Fig. 8. Roughly extracted mouth area.

5.2 大域的な唇領域の抽出について 大域的な唇領域の抽出処理では、86 枚の顔画像のうち 83 枚の画像で正しく抽出された。

誤抽出された 3 枚のうち、2 枚は大域的な顔領域に含まれていた背景部分が誤って抽出され、1 枚は額部分を誤抽出していた。抽出結果を図 8 に示す。

額の一部を誤抽出した画像では、口を強く閉じているため、唇の厚さが無かったためであると考えられる。また、背景を誤抽出したものに対しては、ラベル付けされた領域の位置関係を考慮することで、今後改善可能であると考えられる。

5.3 眼鏡有無の判定処理の改善について 眼鏡有無の判定処理では、眼鏡無し顔画像における誤判定が改善され、全体として正判定率を 88.4% (従来手法) から 98.8% へ向上させることができた。従って判定精度は約 10% 改善されたことになる。

この改善は、眼鏡無し顔画像に対して眼鏡があると誤判定されることが減少したことを示しており、この改善によりシステム全体を通して実行することを考えた場合に、顔の抽出処理や識別処理など全ての処理においてエラーの減

表 1 眼鏡有無の判別結果

Table 1. Evaluation of the presence of spectacles.

	Face with spectacles	Face without spectacles	All facial images
Conventional method	1/49 (97.8%)	9/37 (75.8%)	10/86 (88.4%)
Proposed method	1/49 (97.8%)	0/37 (100%)	1/86 (98.8%)

Number of incorrect images / Number of used images

(Accuracy of correct judgment)

少に繋がると考えられる。

実験結果を表 1 に示す。

6. まとめ

本論文では、眼鏡の抽出および顔領域の抽出処理の改善を目的とした大域的な顔・唇領域の抽出処理と眼鏡有無の判定処理の改善について述べた。

大域的な顔領域の抽出では、眼鏡をかけた人物に対しても簡単に顔領域を抽出できることが確認された。従って、大域的な顔領域の抽出、眼鏡の除去および顔領域の抽出という順に処理することで、顔領域抽出における眼鏡による誤抽出を回避することができる。

大域的な唇領域の抽出では、概ね良好な結果が得られたが、大域的な顔領域に含まれてしまった背景部分を誤抽出することがあったことから、抽出領域の位置情報などを基に改善を図る必要がある。

眼鏡有無の判定処理では、86 枚の顔画像を用いて実験から、98.8% と高い正判定率を得られ、眼鏡をかけていない人物に対する判定精度が向上したことから、この処理の後に実行される処理への影響が大幅に軽減されるものと考えられる。

今後は、システムとして統合を図るとともに、アルゴリズムの改良により、処理速度の向上を図り、より実用的なものにしていく予定である。

(平成 16 年 10 月 26 日受付)

文 献

- (1) Y. Saito, Y. Kenmochi, and K. Kotani: "Extraction and Removal of Eyeglasses Frame Region in Facial Image Using Parametric Model of Eyeglasses Frame", *Trans. IEICE D-II*, Vol. J82-D-II, No. 5, pp. 880-890 (1999-5) (in Japanese) 齋藤康之・剣持雪子・小谷一孔:「パラメトリックな眼鏡フレームモデルを用いた顔画像内の眼鏡フレーム領域の抽出と除去」, 信学論誌, D-II, J82-D-II, 5, pp. 880-890 (1999-5)
- (2) A. Suina, K. Morimoto, and J. Miyamichi: "Glassframe Removal Method from Frontal Face Images and Person Identification", *Proc. IEE, GS13-4*, pp. 369-373 (2001) (in Japanese) 椎名晃悦・森本和成・宮道壽一:「人物認識のための顔画像からの眼鏡フレーム除去」, 平 13 電気学会・情報・システム部門大会, GS13-4, pp. 369-373 (2001)
- (3) Y. Shiga, H. Ebine, M. Ikeda, and O. Nakamura: "Extraction of facial area and facial parts based on color and motion information and detection of its movements", *Trans. IEE of*

Japan, Vol.121-C, No.5, pp.912-920 (2001-5) (in Japanese)
志賀泰博・海老根秀之・池田美鈴・中村 納:「色情報および動き情報に基づく人物顔領域と顔部品の抽出およびその動きの検出」, 電学論誌 C, **121**, 5, pp.912-920 (2001-5)

- (4) T. Hirano, M. Ikeda, and O. Nakamura: "Facial Identification System Based on High Speed Matching Algorithm for Isodensity Lines", *Trans. IEE of Japan*, Vol.122-C, No.5, pp.816-824 (2002-5) (in Japanese)
平野晃昭・池田美鈴・中村 納:「等濃線分布の高速テンプレートマッチングに基づく顔画像照合方式」, 電学論誌 C, **122**, 5, pp.816-824 (2002-5)
- (5) M. Ikeda, H. EBINE, and O. Nakamura: "Extraction of Faces of More Than One Person From Natural Background Based on The Certainty Level Given to The Face Like Area", *Trans. IEE of Japan*, Vol.123-C, No.3, pp.456-466 (2003-3) (in Japanese)
池田美鈴・海老根秀之・中村 納:「顔らしさの信頼性に基づく自然背景からの複数顔領域の抽出」, 電学論誌 C, **123**, 3, pp.456-466 (2003-3)
- (6) T. Muraguchi and O. Nakamura: "Extraction of Spectacles and Generation of The Face without Spectacles for The Personal Identification", *Trans. IEE of Japan*, Vol.123-C, No.6, pp.1080-1085 (2003-6) (in Japanese)
村口孝明・中村 納:「個人識別のための眼鏡領域の抽出および除去画像の生成」, 電学論誌 C, **123**, 6, pp.1080-1085 (2003-6)
- (7) T. Muraguchi, M. Ikeda, and O. Nakamura: "Extraction and Removal of Spectacles from Facial Area by Using Color Information", *Trans. IEE of Japan*, Vol.124-C, No.1, pp.101-111 (2004-1).
村口孝明・池田美鈴・中村 納:「色情報を用いた顔画像からの眼鏡フレーム領域の抽出と眼鏡フレーム除去画像の生成」, 電学論誌 C, **124**, 1, pp.101-111 (2004-1)
- (8) 眼鏡白書 2002, 2003, (株) サクスイード (2002)

- (9) 大沢 裕 [ほか]: 画像処理標準テキストブック, 画像情報教育振興協会, pp.144-146 (1997)

加藤 克宏 (非会員) 1981 年生。2004 年 3 月工学院大学工学部情報工学科卒業。現在, 同大学院工学研究科情報学専攻修士課程在学中。主として画像処理, パターン認識に関する研究に従事。

中村 納 (正員) 1969 年 3 月工学院大学工学部電子工学科卒業。1971 年 3 月同大学院工学研究科修士課程修了。同年, 同大学助手となる。以来, 学習理論, 画像処理, 画像符号化等の研究に従事。1988 年 4 月 1989 年 3 月, ケベック大招聘教授。1992 年 工学院大学教授。工学博士。画像電子学会, 電子情報通信学会, 映像情報メディア学会, IEEE, Pattern Recognition Society, 日本顔学会各会員。