

遺伝的アルゴリズムによる画像の顔領域の認識に関する研究

松坂知行*・宮城吉一**

Face Pattern Recognition of Images using Genetic Algorithm

Tomoyuki MATSUZAKA* and Yoshikazu MIYAGI**

Abstract

It is a very difficult issue to recognize face patterns included in an image. Nevertheless the necessity of face pattern recognition in images has been strongly desired these days since the measurements of the number of people passing through the gate of some facilities or the number of persons waiting for elevators are needed because of the security or the service quality. If the number of the people would be available, the number of gates or elevators could be automatically controlled and an intelligent control system would be realized. This paper presents a method to detect the number of persons in images using Genetic algorithm.

Keywords: face pattern recognition, Genetic algorithm, image processing

1. ま え が き

一般に画像中から顔の位置を抽出することは非常に難しい。しかし、近年その用途への欲望は大変高まっている。例えば、人物の計数への応用が挙げられる。本研究は、この「画像中の顔の数」=「視野内に居る人の人数」とみなすことによって人物の人数を計数しようとするものである。この処理は、ある地点や施設の出入口などの通過人数の無人自動調査、各階でエレベータを待っている人の人数に応じてエレベータの停止階の制御を行う知的なエレベータシステムの実現など、これまでは実現することができなかった知的な人工システムの実現に貢献すると考えられる。

筆者等はこれまで遺伝的アルゴリズムを用いて、白黒画像から顔の正面画像を認識させる研究を行ってきたが¹⁾²⁾、今回カラー画像による肌

抽出と種々の角度を向いた複数のテンプレートを用意することで、必ずしも正面を向いていない画像からでも顔領域の認識を行うことが可能になったので報告する。

2. 方 法

静止画において人物の顔領域を判定する方法として代表的なものにパターンマッチングが挙げられる。しかし通常のパターンマッチングには、遠近による顔領域の縮尺の違い、顔の傾き、正面・側面を同時にマッチングすることができないため、複雑な画像では膨大な処理時間がかかってしまうという問題点がある。

そこで以上のような問題点を解決するために、遺伝的アルゴリズム³⁾⁴⁾を用いることにした。まず、遠近の顔領域の縮尺の違いであるが、1:5の範囲で拡大縮小するように工夫した。顔の傾きについては、±30度の範囲で対応できるように工夫した。正面・側面を同時にマッチングできないことについては、テンプレートを複数用意することで対応した。複雑な画像では膨

平成17年12月16日受理

* システム情報工学科・教授

** 大学院工学研究科電気電子専攻博士前期課程・2年

大な処理時間がかかる問題は、遺伝的アルゴリズムにより従来の手法より高速な解を求めることが期待できる。

3. 遺伝的アルゴリズムによる画像処理の原理

3.1 遺伝的アルゴリズムの概要

遺伝的アルゴリズム(GA)では、探索子に相当するものを個体と称する。それぞれの個体には染色体があり、その中身である遺伝子型によって適応度と呼ばれる個体の評価値が決められる。概念を模式的に表現したものを図1、図2に示す。

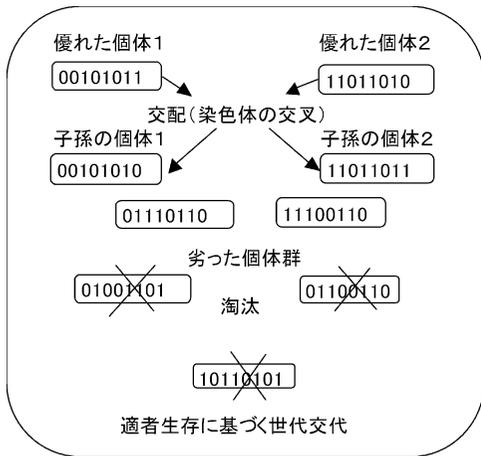


図1 世代交代

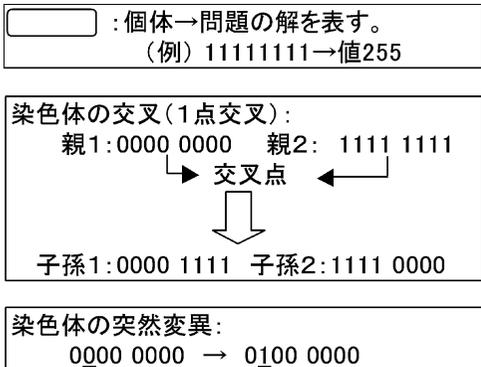


図2 染色体の交叉

3.2 遺伝的アルゴリズムによる処理の手順

GA は、最も基本的な単純の提案以降、様々な改良が施されてきた。ここでは、研究に用いた単純GAについて説明する。ただし、与えられた問題に適した個体の染色体の表し方、及びその評価方法はすでに決められているとする。

単純GAの処理手順

- (1) ランダムに決定された染色体をもつ N 個の個体からなる初期個体集団を生成し、それぞれの個体の適応度を求める。
- (2) 適応度を元に、重複を許して N 個の次世代の個体候補を選択する。
- (3) 個体を2個ずつランダムに組み合わせて両親とし、それらの染色体を交叉させて2個の子孫の染色体を作り、子孫を両親と入れ替える。ただし、交叉の発生確率は交叉率によって指定する。
- (4) 全個体の全遺伝子を生起確率(突然変異率)に基づいて反転させる。

個体の適応度を求め、実用解とみなせるものがあればそれを解として処理を終了する。それ以外の場合は(2)に戻る。

(2)の処理には、ルーレットルールを用いている。これは現時点の各個体の適応度がそれぞれの中心角に比例するように1周分のルーレットを作り、矢印が指している個体を選択する処理を N 回独立に行うことと等価である。図に表したものを図3に示す。

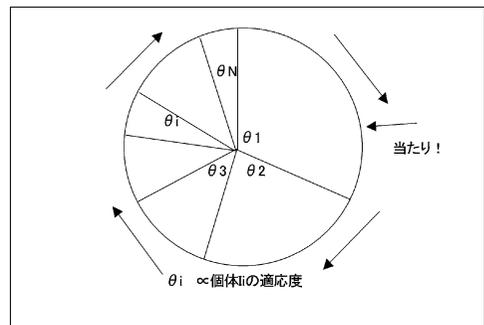


図3 ルーレットルール

4. 遺伝的アルゴリズムによる画像処理

4.1 原画像に対する前処理³⁾⁶⁾

遺伝的アルゴリズムによる処理を行う前に、マッチングが容易になるように、以下のような前処理方法を提案する。

初めに肌領域を抽出するために、対象画像を RGB 表色系から HLS 表色系に変換する。そして H (色調) に対して $0 \sim 30$ の値の範囲でしきい値処理を行う。これは人間の肌の H の値が、性別や人種を問わず $0 \sim 30$ あたりで決まってい

るからである。筆者等はこれまでに XYZ 表色系, YCC 表色系に変換し, しきい値処理を行ってきた。しかし, XYZ 表色系では人間の肌領域として抽出される範囲が大きすぎて使用不可であった。また, YCC 表色系は, しきい値として, Cr が $133 \sim 173$, Cb が $77 \sim 127$ の値を満たすピクセルを顔の肌領域とし, 個人差によらない抽出処理が可能であった。しかし HLS 表色系の方が抽出精度が良かったため, HLS 表色系を用いることにした。変換式を表 1 に示す。

次に, 画像の細かいノイズ除去のため, ある一定の半径の円より小さい領域を除去する。大きな領域はほとんどそのまま, ラインや点のような領域が除去できる。収縮膨張処理も同時に行っているため, 領域の境界が滑らかになる。

最後に顔と同色の領域を除去したいので, 楕円形の領域に連結していない領域を顔以外の領域とみなすことにした。この処理により腕など

表 1 実験を行った表色系

① XYZ	$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.490 & 0.310 & 0.200 \\ 0.177 & 0.813 & 0.011 \\ 0 & 0.010 & 0.990 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$
② YCC	$\begin{bmatrix} Y+128 \\ Cr+128 \\ Cb+128 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.500 & -0.419 & -0.081 \\ -0.169 & -0.331 & 0.886 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$
③ HLS	$\begin{aligned} MAX &= \max(R, G, B) \\ MIN &= \min(R, G, B) \\ L &= (MAX + MIN) / 2 \\ MAX &= MIN \text{ の場合} \\ S &= 0 \\ H &= 0 \\ MAX &= MIN \text{ 以外の場合} \\ S &= \begin{cases} (MAX - MIN) / (MAX + MIN) \\ (MAX - MIN) / (2 - MAX - MIN) \end{cases} \\ L \leq 0.5 & \\ L > 0.5 & \\ Cr &= (MAX - R) / (MAX - MIN) \\ Cg &= (MAX - G) / (MAX - MIN) \\ Cb &= (MAX - B) / (MAX - MIN) \\ H &= \begin{cases} Cb - Cg & R = MAX \\ 2 + Cr - Cb & G = MAX \\ 4 + Cg - Cr & B = MAX \end{cases} \\ H &= 60 \times H \\ H &= H + 360 \quad H < 0 \end{aligned}$



図 4 対象とする画像



図 5 前処理を施した画像

の領域が削除できる。

図4は対象とする元画像, 図5は以上の方法で前処理を施した画像を示す。

4.2 テンプレートの作成

遺伝的アルゴリズムによるパターンマッチングを行うため, テンプレートを正面画像1枚, 正

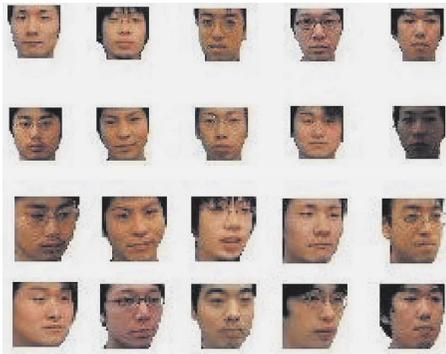


図6 切り出した顔画像



図7 作成したテンプレート

面より左右に約6度ずらした画像を3枚ずつ計6枚, 左右の真横を向いた画像を2枚用意した。テンプレートは10人の人物の顔領域を一定の大きさの矩形領域を用意し, 画素ごとにそれらの画像に対応する画素の平均値を求めて作成した。図6に切り出した顔画像, 図7に作成したテンプレートを示す。

4.3 平均化処理

前処理後の画像に対して平均化フィルタを用いた平滑化処理を行い, 画像をぼかす処理を行った。これは顔画像の個人差を低減するとともに, テンプレートに近い画像に直すためである。図8に平均化処理後の画像を示す。

4.4 背景色の変更

これまで処理を施してきた画像は背景が黒で



図8 平均化処理後の画像



図9 背景を白から黒へと変更した画像

あった。このままでは遺伝的アルゴリズムによるマッチングをさせたときに、髪として認識してしまう可能性がある。そこで明るさを調整し、黒の領域をしきい値処理した後、明るさを戻すことで背景を白へ変更させることとした。図9に背景を黒へと変更した画像を示す。

4.5 遺伝的アルゴリズムを用いた顔領域抽出

背景を色へ変更する処理まで終了した背景画像に対して、テンプレート画像を様々な位置、回転倍率、回転角度で重ね合わせる。そして原画像中から顔領域として最適解を抽出する。抽出処理の原理を図10に示す。しかしこのままでは複数的人数を抽出することができないので、一度抽出した画像を削除し、再び抽出処理を行うことで複数人数の抽出処理を実現している。また、処理を収束させるために、様々な実験を行った経験則により、マッチング率が84%以下になった場合に処理を終了させている。マッチング率を式(1)に示す。

全体の処理の流れを図11に示す。

$$f(x_i, y_i, m_i, angle_i) = \frac{n_{total}}{n}$$

x_i, y_i : 背景画像に対するテンプレートの中心座標

m_i : 拡大倍率 $angle_i$: 回転角度

4.6 結果

図12は以上の方法で顔領域を認識させたものである。遺伝的アルゴリズムを用い、正対しない顔、角度のある顔、大きさの異なる顔の画

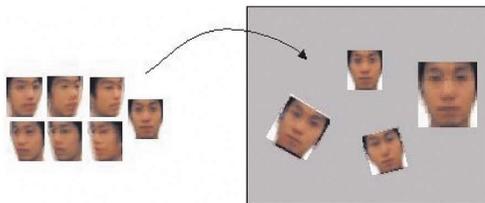


図10 GAによる顔領域抽出の原理

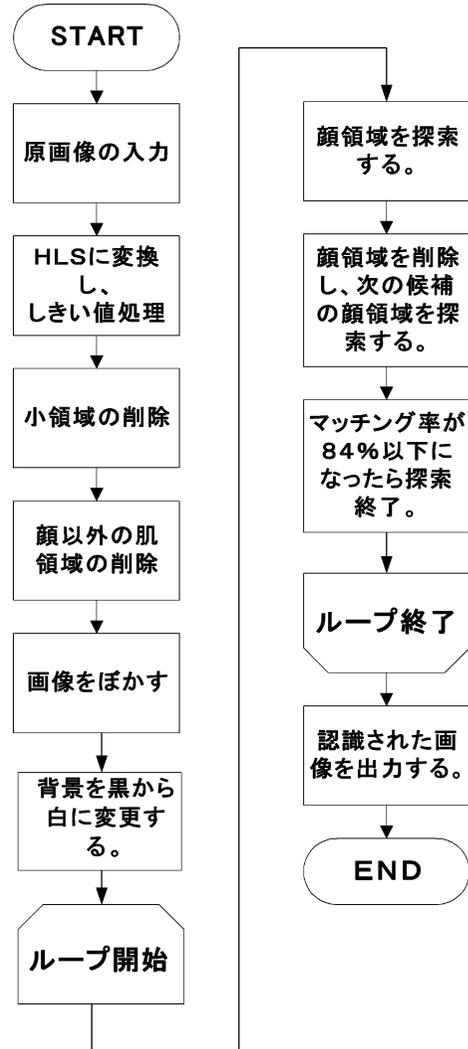


図11 全体の処理の流れ

像でも、11人中9人を認識させることができた。認識にできなかった2人は顔の領域が重なったこと、顔領域が小さすぎたため、抽出することができなかったためと考えられる。

さらに別の画像に対しても同じ処理を行ってみた。原画像を図13、前処理を施した画像を図14、平均化処理後の画像を図15、背景を黒から白へと変更した画像を図16、顔領域を抽出した画像を図17に示す。

遠くの人物は顔領域が小さかったため、前処



図12 顔領域を認識した画像



図15 平均化処理後の画像



図13 原画像



図16 背景を白へ変更した画像



図14 前処理を施した画像

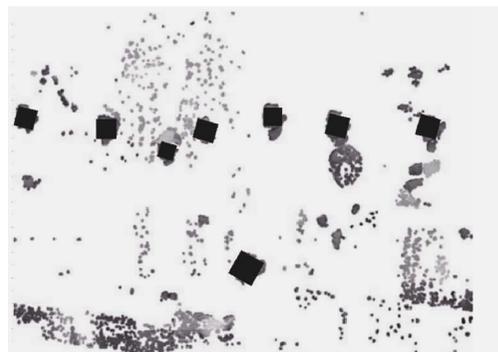


図17 顔領域を抽出した画像

理段階で消えてしまったが、それ以外の人物は9人中8人抽出することができた。抽出できなかった原因は、やはり顔領域がテンプレートに対して小さかったことが原因と考えられる。

5. まとめ

HLS表色系を用いたしき値処理、ノイズ的な領域の削除、顔領域以外の削除を施すことにより、顔領域の認識率が大幅に向上したことが

確認された。また、顔が重ならず、領域がテンプレートに対して小さすぎない場合は、顔領域を確実に抽出できることが確認された。今後はさらなる抽出精度の向上を図っていきたいと考えている。具体的には背景画像を拡大することで顔領域が小さいと考えられる箇所でも抽出することができるのではないかと考えられる。また、背景を分割し、奥行き方向に小さいテンプレート、手前方向に大きいテンプレートを用いることで顔領域の大小の問題を解決できるのではないかと考えている。

参考文献

- 1) 宮城吉一, 松坂知行: 遺伝的アルゴリズムによる画像の顔の位置判定に関する基礎的検討, 第4回情報処理学会東北支部研究会 (2005)
- 2) Sheng-Fuu et al: Estimation of Number of People in Crowded Scenes Using Perspective Transformation, IEEE Trans on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 31, No. 6, November 2001
- 3) 阿居院猛, 長尾智晴: C言語による画像処理入門, 昭晃堂 (2002)
- 4) 長尾智晴: 進化的画像処理, 昭晃堂 (2002)
- 5) 阿居院猛, 長尾智晴: 画像の処理と認識, 昭晃堂 (2003)
- 6) 株式会社リンクス 画像システム事業部: HALCON 活用法, 株式会社リンクス (2004)