

# 進化モデルを用いた人間の特征抽出及び自動追従

## Human Feature Extraction and Automatic Tracking Using Evolving Models

○ 中村 丈治, 見浪 護 (福井大学)

Takeharu Nakamura, Mamoru Minami  
Fukui, University of Fukui, {takeharu,minami}@rc.his.fukui-u.ac.jp

This paper proposes a method to extract color information based on the feature area of a person's shape and how to use the information to track the target human from in real time. In this research, we perform the recognition through optimization and finding the solution using Genetic-Algorithm(GA), and the evaluation of the form of subjects using Model-based matching method. The parameters of shape and the color of the model are used to search in the gene of GA as a newly obtained information of that tracking human. Then the search model is continuously changed to the shape of the target human to reflect and adapt to the individual feature in the dynamic image. It is shown that our method is able to extract the several features automatically by tracking experiments to human.

**Key Words:** Plural Ellipsoid models, GA(1-Step GA), Gazing-GA)

### 1. 緒言

近年, 犯罪の増加などに伴い, 監視カメラが捜査や犯罪抑制の目的として設置されるケースが増加している. しかし, 監視カメラは単に画像を録画するものであるため, 事件・事故発生後, 例えば人物を発見するなど, 目的の情報を得るためには人間の目で確認する必要がある. 今後このような場面で, 監視カメラに求められるものは, 目的の人物を認識し通知や追跡を行えるような, 迅速な判断を自動で行える知的なシステムであると考えられる.

本研究では, Model Based Matching 法, 遺伝的アルゴリズム (GA), HSV 表色系を用いた肌色抽出による人間モデルを用いた評価を行うことで, 動画像中から人間を発見し, 認識した人物の特征領域を抽出する. 特徴領域抽出の際には, 自動で人物の特徴を抽出するシステムを構築し, その特徴領域を含めたモデルを作成して再度探索を行い, モデルを更新し続けることで特定の人物の認識を目指す. ここでいう人物の特徴とは, 顔や体, 腕等の部位を特徴と考え楕円で近似したものである. 複数の人物が存在する環境で特定の人物を認識し続けることを目標として, 特徴領域を抽出する際に, より対象人物の特徴を反映させた個性ある探索モデルを生成する. 最終的な目標は人物個々の特徴による特定の個人の長時間認識である. 本手法の基本的な有効性を実験から確認する.

### 2. 人物認識手法

#### 2.1 人物認識のためのモデル定義

人間を画像内より検出する際には, モデルを用いて画像との比較を行い適合度を算出する Model Based Matching 法 [1][2] を利用する. 本研究では, 人間の各部の形状を全て楕円で近似し, Fig.1 で示すモデルを用いる. 探索モデルは Fig.1 の  $S_1, S_2$  で示す面モデル領域と帯モデル領域からなる, 面-帯モデルを用いる. この面-帯モデル領域を  $S$  と表す. モデルの中心座標を  $\phi = (x, y)$  とすると, モデルがカメラ座標系を移動した時の面-帯モデル領域  $S$  は,  $\Sigma_c$  座標系において,  $S(\phi)$  と定義される.

#### 2.2 HSV 表色系を用いた人間認識

人間を認識する際に, 人間の特徴のひとつである肌の色に着目する. 肌の色を抽出することに適していると言われる HSV 表色系について考え, HSV 表色系の色相 H による肌色抽出 [3] を認識に用いる.

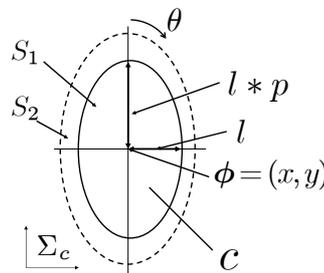


Fig. 1: Face Model



Fig. 2: Search Image1

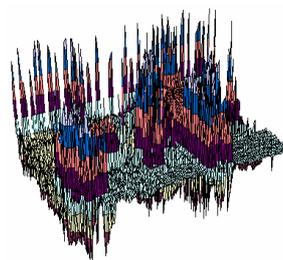


Fig. 3: Hue Value

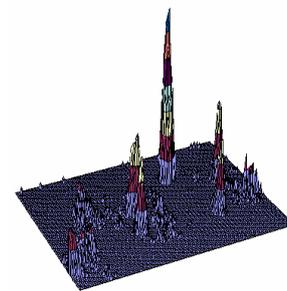


Fig. 4:  $F(\phi)$

ここで, Fig.2 に示す 2 次元画像について考える. Fig.2 における色相値 (H) の分布を 3 次元グラフ上にプロットしたものを Fig.3 に示す. さらに, 画像上の探索点を  $r$  として, Fig.1 のモデル領域  $S(\phi)$  の色相値分布を  $h(r), r \in S(\phi)$  と表し, モデルと画像との適合度を式 (1) の評価関数  $F(\phi)$  によって求める.

$$F(\phi) = \sum_{r \in S_1(\phi)} h(r) - \sum_{r \in S_2(\phi)} h(r) \quad (1)$$

モデル領域  $S(\phi)$  の RGB 値を HSV 値へ変換し, その H の値が 0 ~ 30 の場合に人間の肌の色と評価する. 式 (1) の  $h(r)$  は, 以下のように定義する.

$$h(r) = \begin{cases} 1 & (0 < H(r) < 30) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (2)$$

101101 001101 0101 0110 1110 110100  
 6bit(x) 6bit(y) 4bit(r) 4bit(p) 4bit( $\theta$ ) 6bit(c)

Fig. 5: Gene

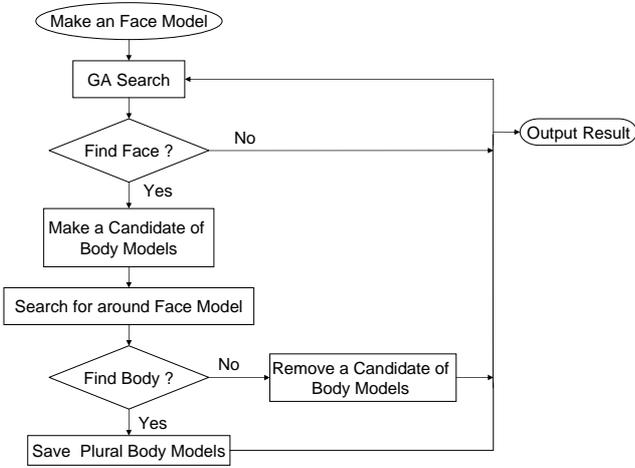


Fig. 6: Flow Chart

Fig.2 より, 人物の顔を認識するためにモデルの大きさを決定し, 式 (1) の適合度評価関数  $F(\phi)$  を用いて, フィルタリングした結果を Fig.4 に示す. Fig.2, Fig.4 より, 人物の顔が適合度の分布のピークと一致していることが確認できる.

### 2.3 GA を用いた実時間認識

適合度の最適解探索に GA[1][2] を用いる. GA は進化を繰り返し適合度関数に基づく最適解探索を行う. 探索手法として全探索手法もあるが, 処理時間が膨大にかかり, 実時間での実装が難しい. 本研究では実時間での実装を目指し, 最適解探索に有効な GA 探索手法を用いる. 1 枚の画像にかける処理時間を  $\Delta t$  とし, その時間内で GA の世代交代の処理を行う.  $\Delta t$  秒後に GA の個体の中で最も高い適合度を持つ個体をその時刻における準最適解として出力する 1-stepGA[4] を用いる. また, 適合度に予め閾値を設け, 適合度の値によって大域的探索と局所的探索を行う注視 GA 探索法を用いる. つまり, 適合度の高い場合には探索範囲を限定し, 対象物体の周辺を常に探索する.

本研究では GA の遺伝子にモデルの中心位置  $\phi = (x, y)$  にそれぞれ 6bit, モデルの短径 ( $l$ ) に 4bit, 短径を 1 としたときの縦横比 ( $p$ ) に 4bit, モデルの姿勢 ( $\theta$ ) に 4bit, モデルの色相 ( $c$ ) に 6bit を与え, 計 30bit で Fig.1 に示した楕円モデルを作成する. これにより形と色の同時評価が可能になる. GA の遺伝子の成分を Fig.5 に示す.

## 3. 進化モデルによる人物の特徴抽出

### 3.1 特徴抽出モデル生成法

Fig.1 に示した, 一つの楕円からなる単純な初期モデルを顔モデルと呼ぶこととする. 顔モデルによって人物の顔が認識できた際に, 人物の特徴領域抽出のために顔モデルとは別のモデルを新たに生成する. ここで, 特徴領域とは人物の胴体領域のこととする. このモデルを胴体モデルと呼び, 胴体モデルは顔モデルと同様に楕円形状をしており, それぞれ Fig.5 に示す遺伝子を持ち, 顔モデル, 胴体モデルは各々 20 個体の遺伝子数を持つ.

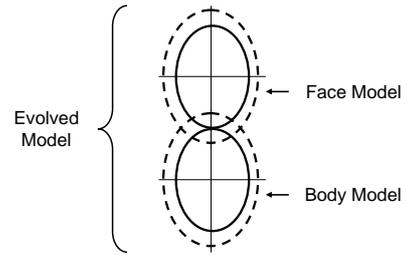


Fig. 7: Evolved Model



Fig. 8: Search Image2

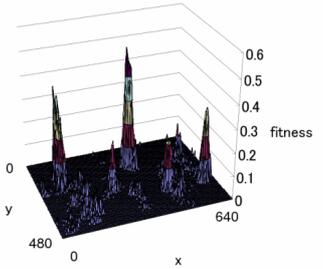


Fig. 9: Fitness of Face Model

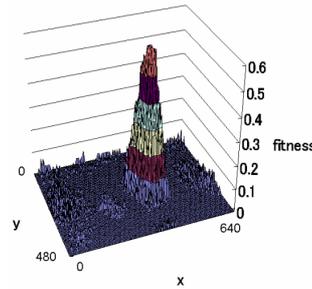


Fig. 10: Fitness of Body Model

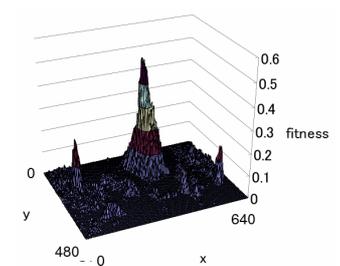


Fig. 11: Fitness of Evolved Model

顔モデルと胴体モデルを組み合わせることで, 人間にモデルを近似させ認識を行う. モデル生成のフローチャートを Fig.6 に示す. 顔モデルを生成し, 顔モデルの適合度を算出する. 顔モデルが一定値以上の適合度を得ることに成功した場合, 人物の顔を認識できたとして, その個体に対し, 胴体モデルの候補を生成する. 顔モデルの位置から離れた胴体モデルの候補と, 胴体領域を発見できなかった胴体モデルの候補は消去し, 顔モデルの近傍かつ適合度が一定値を超えた胴体モデルの候補に生き残りをかけ, 複数楕円モデルの一部として保存する. このように, 一定値以上の適合度を得る胴体モデルを生成することで, 進化モデルが形成される. 顔モデルが進化して, 胴体モデルが付加された進化モデルを Fig.7 に示す. 胴体の色は人物に依存して決まるため, 進化モデルの胴体の色は, 認識システムが自動的に抽出し, 人物認識のための一つの個性として用いる.

### 3.2 静止画による実験

画像中に複数の人物が存在する場合, 人物の顔だけではなく人物の胴体領域の抽出を行うことで特定の人物を認識できることを静止画像にて確認する. Fig.8 の画像を用いて画像の全探索を行う. 人物の顔, 胴体領域を検出できるようにモデルの大きさを決定する. ここではまず, 認識対象の写真中央の人物は青色の服を着用していることが既知であるとする. 最初に顔モデルのみで肌色を抽出した結果を Fig.9 に示す. 認識したい人物

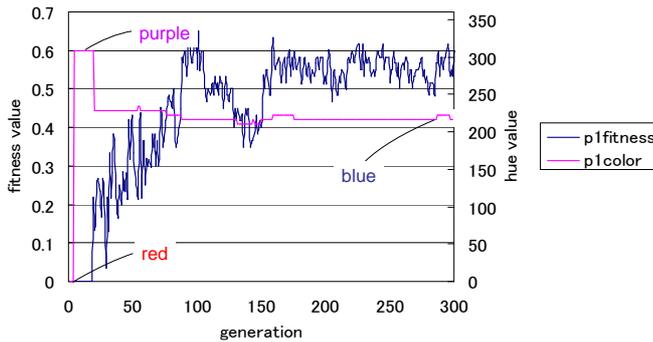


Fig. 12: Fitness Value and Hue Value

以外に複数の人物が画像中に存在するため、適合度の高い点が複数存在している。これによって、誤った認識に陥ってしまう可能性が考えられる。次に、胴体モデルに青色を抽出するという色情報を与え、Fig.8の画像を全探索した結果をFig.10に示す。最後に、顔モデルの真下に胴体モデルがあるとして、ふたつの楕円からなる探索モデルで、同じくFig.8の画像を全探索する。そして、顔モデル部分と胴体モデル部分の適合度を平均した結果をFig.11に示す。Fig.11より、人物の胴体領域を合わせて抽出することで、Fig.9で見られた複数のピークがなくなり、特定の人物が適合度のピークとして分布に現れる。

### 3.3 特徴抽出実験

Fig.5に示したGAの遺伝子を用い、実際に動画像中での人物の特徴抽出実験を行った。今回は、人物の胴体(上半身)の服の色を特徴と考えているため、顔モデルによる人物の顔発見後、上半身を胴体領域と認識するように胴体モデルの探索範囲を限定し胴体領域の色相評価を行う。評価に用いる適合度関数は顔認識時と同様に式(1)であるが、ここでは遺伝子に与えたモデルの色相  $c$  を考慮し、式(2)の  $h(r)$  は以下のように与える。

$$h(r, c) = \begin{cases} 1(c - 10 < H(r) < c + 10) \\ 0(\text{otherwise}) \end{cases} \quad (3)$$

最も高い  $F(\phi)$  を与える胴体モデル色相  $c$  が認識対象人物の服の色である。但し、顔モデルでの探索時には色相の遺伝子の変化を考えない。これは、顔モデルは人の顔(肌色)を発見することが目的であるため、その必要はないと考えるからである。

Fig.12に実験での、胴体モデルの色相の変化(p1color)と、胴体モデルの適合度の変化(p1fitness)を示す。この時の認識対象人物は青色の服を着用しており、青色の色相値の範囲は、およそ200~220である。

Fig.12より、GAの遺伝子が正しい色相値に収束しており、適合度の上昇も確認できる。よって、人物の上半身の色は青であることを遺伝子が発見しており、人物の特徴領域の特徴量の抽出ができていたといえる。ただし、本実験では計算量の増加により処理速度が低下したために実時間での実行が困難であったため、動画像処理は、実時間ではなく1フレーム200msで処理を行っている。

## 4. 能動カメラによる人物追跡

認識対象人物をカメラ画像内に捉え続けるために、能動カメラを用いて、カメラが対象人物を注視し、追跡することを確認する。

### 4.1 パンチルトカメラ

本研究で用いる能動カメラにはFig.13に示す、パンチルトカメラ(EVI-D100)を用いる。カメラをパンチルト動作させる際には、カメラの絶対位置を指定し、カメラ画像上の画素数単位での制御を行う。そのため画像上でカメラが1画素分移動するために、カメラに与える命令をいくらに指定すればよいのかを調べる必要がある。カメラ画像上で1画素あたりの角度は0.0669度である。また、今回用いるカメラの仕様で、カメラを10度回転させるためには144という命令を与えればよい。そこで、カメラを1画素分回転させるために与える回転量を  $\epsilon$  とすると、 $\epsilon$  は次式で求められる。

$$\epsilon = \frac{0.0669 \times 144}{10} = 0.96336 \quad (4)$$

### 4.2 人物追跡手法

能動カメラを用いた人物追跡手法について説明する。

カメラが対象人物を追跡する際、Fig.14に示すように画像中心からある範囲内を中心視野と設定し、入力画像からGA探索を用いて得られたヘッドモデルの中心座標が中心視野から外れた場合、人物を中心視野内に捕らえるようにカメラを制御する。ヘッドモデルの中心座標を  $(H_x, H_y)$  とし、カメラ座標  $\Sigma_c$  からみた画像中心を  $(C_x, C_y)$  とすると、人物の画像中心からの移動距離  $(L_x, L_y)$  は次式となる。

$$L_x = H_x - C_x \quad (5)$$

$$L_y = H_y - C_y \quad (6)$$

今回は、人物をカメラ画像内に捉えるために左右(x)方向のみ中心視野を設定し、上下(y)方向は考えない。すなわち、式(5)  $L_x$  の値が設定した中心視野から外れた場合にカメラを動作させる。カメラの水平方向の移動をパンとすると、人物が中心視野から外れ  $L_x$  の値が正である場合、カメラを右方向にパン、負の場合、カメラを左方向へパンする。得られた  $L_x$  が中心視野内であった場合には、カメラの移動は行わない。

カメラの動作量の決定には、まず、式(5)より求める、人物の画像中心からの移動距離  $L_x$  に1画素あたりの角度  $d=0.0669$  を掛け合わせることで、角度誤差  $\Delta\theta$  を求める。これに、係数  $k$  を掛け、カメラ制御角度  $\theta_d$  を導出する。係数  $k$  はカメラを1度回転させるときにカメラに与える指示値である。

$$\Delta\theta = L_x * d \quad (7)$$

$$\theta_d = k * \Delta\theta \quad (8)$$

以上のように、人物を設定した中心視野内に捕らえるようにカメラを動作させて人物追跡を行う。その時の制御は、式(8)に基づいて行う。



Fig. 13: Active Camera EVI-D100

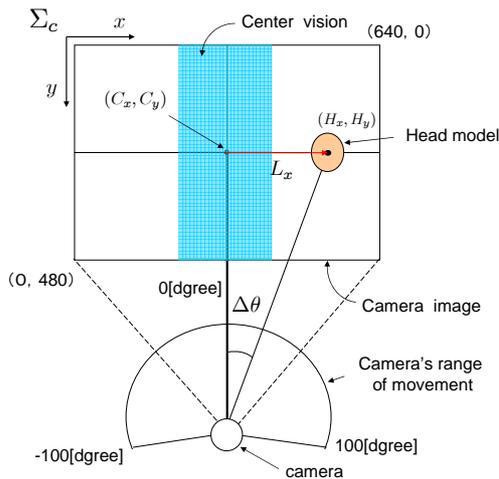


Fig. 14: Coordinate Image

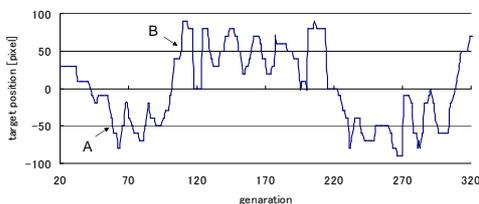


Fig. 15: Target Position

### 4.3 人物追跡実験

前節までに示した人物追跡手法を用いて、実際に動画中で人物が画像内を左右に移動し、カメラによる人物追跡動作の確認実験を行う。このとき、画像中心から  $\pm 50$  画素以内を中心視野とする。また、誤認識によるカメラの回転を防ぐため、適合度に閾値を設け、閾値以上の適合度が得られたときのみ、カメラのパン動作を行う。

本実験で、人物認識から得られた、画像中心と人物の距離  $L_x$  を Fig.15、実際にそのときにカメラが動作したパンチルト角度を Fig.16 にそれぞれ示す。Fig.15, Fig.16 とともに、正の値が、カメラ座標系における画像中心より右方向、負の値が、画像中心より左方向を表している。Fig.15 で、人物が画面左方向に移動して  $L_x$  が負の値となり、設定した中心視野 (-50) 以下となったとき (図中.A で示す) には、カメラのパン角度は負の値となり、人物の移動に合わせてカメラを左に動作させていることを Fig.16 の対応する時刻 (図中.A' で示す) から確認することができる。同様に、Fig.15 で、人物が画面右方向に移動し  $L_x$  が正の値となり、設定した中心視野 (+50) 以上となったとき (図中.B で示す) には、カメラのパン角度は正の値となり、人物の移動に合わせてカメラを右に動作させていることが Fig.16 の対応する時刻 (図中.B' で示す) から確認できる。

Fig.15 での、GA の世代数およそ 50 ~ 200 世代までの、実際の人物の移動とカメラ動作の推移を Fig.17 に示す。背景に注目すると、人物の移動に伴い、カメラがパン動作を行い、人物をカメラの中心視野内に捉えるように動作している。

以上の結果より、対象物認識で得られた人物の位置を中心視野内に捉えるようにカメラが左右パン動作を行っていることが確認できる。ただし本実験においても、3.3 節. 特徴抽出実験と同様に、動画処理は、実時間ではなく 1 フレーム 200ms で処理を行っている。

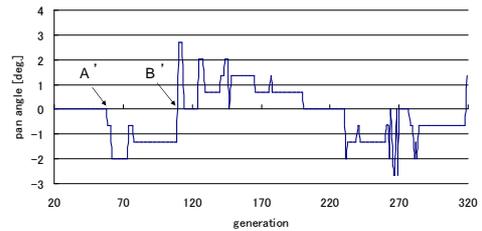


Fig. 16: Movement Angle of a Camera



Fig. 17: Experimentation

## 5. 結言

本研究では、HSV 表色系を用いた人物の顔認識に加えて、特徴領域、特に今回は胴体領域の色情報を抽出する手法を提案した。本手法では、人物を認識する際、適合度の最適解探索を行う GA の遺伝子にモデルの位置だけでなく、モデルの大きさ、角度、色の評価を行うための色相値のパラメータを与え、それらを用いることによって、自動で人物の特徴領域を抽出し認識を行う。本手法の基本的な有効性を実験で検証し、能動カメラを用いた人物追跡実験を行った。しかし、GA の遺伝子に多くの情報を与えたことによる計算量の増加により、実時間 (1 フレーム 33ms 以内) での認識を行えなかった。実時間認識を行うため計算量を抑えるとともに、今後は、認識環境内に複数の人物が存在する場合や背景にノイズがある場合を考慮し、特定の人物を常に認識し続けるシステムの構築を目指す。

## 参考文献

- [1] 鈴木 秀和:動画からの複数動対象の実時間認識, 平成 16 年度, 博士論文
- [2] 山本恭平, 宋薇, 見浪護, 前泰志:実時間認識および自動抽出, 日本機械学会, 東海学生会, 第 37 回学生員卒業研究発表講演会, p255-256
- [3] 朱佳寧:Applications of Real-time Evolutionary Recognition - On-line Recognition of Minute Bruise and Pedestrians -, 平成 16 年度, 修士論文
- [4] Jianing ZHU, Hui LIU, Yasushi Mae, Mamoru MINAMI: "Real-time Evolutionary Recognition of Human from Mobile Camera", JSME Conference on Robotics and Mechatronics, 2005, 1P2-N-043