

GA を用いた 画像中の任意方向の顔領域の抽出

原 章 長尾 智晴

東京工業大学 工学部 像情報工学研究施設

神奈川県横浜市緑区長津田町 4259

045-924-5180

ahara@isl.titech.ac.jp nagao@isl.titech.ac.jp

あらまし

画像中の人物の顔を検出する処理は、個人識別、人物の計数などにおいて重要である。本報告では位置、大きさ、および回転角度が不明な、任意方向を向いた人物の顔を静止階調画像から検出する一手法を提案する。本手法はさまざまな角度を向いた顔のテンプレートを、原画像上で位置、大きさ、回転角度を変えながら重ねるパターンマッチングに基づいている。このプロセスに遺伝的アルゴリズムを適用することによりマッチングの回数が膨大になることを避け、また原画像を微分した画像を用いることにより抽出精度の向上を図っている。

キーワード 遺伝的アルゴリズム, 顔領域, テンプレートマッチング

Extraction of facial regions of arbitrary directions from still images with a genetic algorithm

Akira Hara Tomoharu Nagao

Imaging Science and Engineering Laboratory, Tokyo Institute of Technology

4259, Nagatsuta-cho, Midori-ku, Yokohama, 226, Japan

045-924-5180

ahara@isl.titech.ac.jp nagao@isl.titech.ac.jp

Abstract

Positioning human facial regions in images can be used for various fields such as person identification, counting of humans and so on. In this report, we propose a method to extract facial regions in still gray images in which the directions, positions, sizes, and rotational angles of human faces are unknown. This method is based on pattern matching using facial templates of various directions. To avoid a vast number of matching, we apply a genetic algorithm to this process, and to improve accuracy of extraction, we use differential images of original ones.

key words genetic algorithm, facial regions, template matching

1 はじめに

近年、計算機による画像の認識に関するさまざまな研究が盛んに行われている。その中でも人物の顔の画像に関する研究は、個人識別、セキュリティシステム、データベースなど多くの分野での利用が期待される。これらの研究の中で、人物の顔が画像中のどこにあるかわからないような画像を原画像とし画像中の人物の顔を検出する処理は、個人識別の前処理、人物の計数、写真焼付け際の露光の自動設定などのために重要である。

原画像としてカラー画像や動画画像を用いる場合は、人物の肌の色に着目しフィルタリングをかける手法 [1]、動画画像中の移動物体としての人物の上部を顔とみなす手法などが提案されてきた [2]。しかしこれらの手法は原画像としてモノクロ静止階調画像を用いる場合は原理的に適用できない。

また原画像としてモノクロ静止階調画像を用いる場合は、これまで正面と真横を向いた人物の顔をモノクロ静止階調画像から検出する方法は提案されてきたが、斜め向きの顔の検出には対応していなかった [2, 3]。そこで本報告では、位置、大きさ、回転角度が不明な、任意の方向を向いた人物の顔をモノクロ静止階調画像から検出する一手法を提案する。

本手法は、あらかじめ人物から作成したさまざまな角度を向いた顔のテンプレートを、図 1 のように平滑化後の原画像上にさまざまな位置、大きさ、回転角度で重ねて比較するパターンマッチングに基づいている。この方法ではテンプレートを原画像に重ねる際の位置、大きさ、回転角度のパラメータの組み合わせの場合の数が膨大になるため、全探索することは実用上不可能である。そこで本手法では進化的探索法の一つである遺伝的アルゴリズム (GA) を用いてパラメータの最適化を行う。すなわちテンプレートを原画像に重ねる際のパラメータの列を染色体とし、そのときのテンプレートと原画像とのマッチング率を適応度として個体集団を進化させる。これによってマッチングの回数が膨大になることを避けることができる。

また本手法では抽出精度の向上のため、人物の顔領域には凹凸がありエッジ成分が多く含まれることも利用して探索を行う。そのため原画像を微分した画像を作成し、テンプレートを重ねる領域内に、ある割合以上のエッジ成分がなければ個体

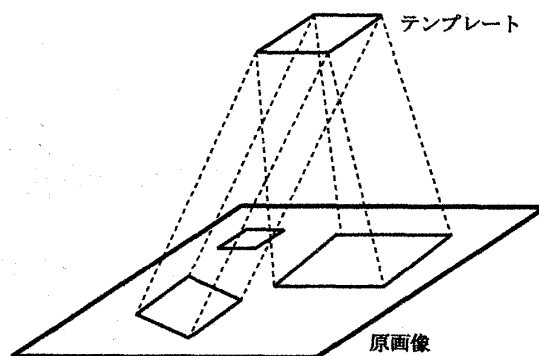


図 1: テンプレートマッチング

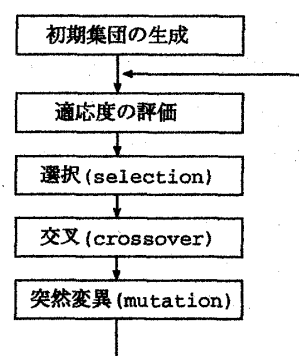


図 2: 遺伝的アルゴリズムの処理の流れ

の適応度を下げる処理を行う。

2 遺伝的アルゴリズム

遺伝的アルゴリズム (GA; Genetic Algorithms) は生物の進化の過程から着想された確率的な探索手法である [4, 5, 6, 7]。これは与えられた問題の解の 1 つを表す通常 0 と 1 からなる記号列を染色体とするような個体を複数個ランダムに発生させ、これらの個体に対して交叉や突然変異などの操作を用いて適者生存の原理に基づく世代交代を行ない、与えられた問題に適した個体を作り出そうとするものである。遺伝的アルゴリズムの処理の流れを図 2 に示す。遺伝的アルゴリズムは組合せ最適化問題や探索問題に対して実用上の最適解を速やかに得ることができる有効な手法であり、従来の最急降下法などと比較して次のような特徴がある。

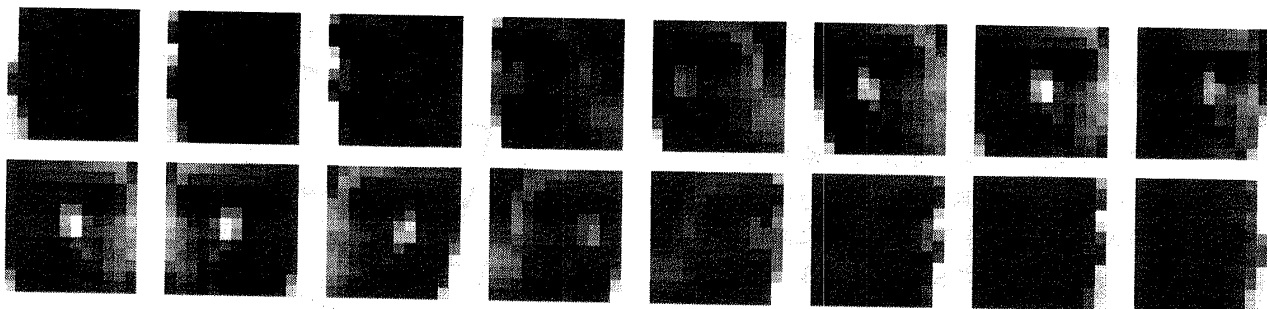


図 3: 作成した顔のテンプレート

- 複数の探索点から同時に探索を行い、互いに協調または競合することにより局所的な安定点を避ける機能がある。
- 次の探索点を設定するために現在の探索点における評価値だけを用いており、評価値の勾配などを用いないので、不連続な評価関数にも適用できる。

画像の処理と認識も最適化問題あるいは探索問題と関連が深く、GA を有効に用いることができる [4, 7]。

3 顔領域の抽出処理

3.1 顔のテンプレートの作成

はじめに人物の顔のテンプレートを作成する。モデルとなる人物のさまざまな角度を向いた画像を一定の大きさとで計算機に入力し、顔の部分だけを対話処理によって矩形領域として切り出す。次にこれらの画像に平滑化処理を施した後、テンプレートに用いるサイズの画像に変換する。さらにこれらの顔画像の階調値が最大の範囲、例えば、[0, 255] に分布するように各画素値を線形変換し、顔のテンプレートとする。

図 3 に作成したテンプレートの例を示す。図 3 の顔のテンプレートはすべて 12×12 画素、256 階調である。これらの画像はぼやけているものの人物の顔と認識可能な画像であり、標準的な顔の情報を有していることが分かる。今回の実験では、図 3 に示した 16 枚のテンプレートを用いてテンプレートマッチングを行う。

3.2 原画像の前処理

人物の顔の向き、位置、大きさ、角度が不明な原画像に対して、平滑化処理と線形変換を行う。

顔のテンプレートは図 3 に示したようにぼやけた画像であるため、原画像を直接マッチングに用いるよりも、原画像に対して何回かの平滑化処理を施した方がテンプレートとのマッチング率が高くなると考えられる。また原画像に対して平滑化処理を行うことは原画像の雑音除去および原画像中の人物の顔の個人差の低減にも役立つ。そこで本手法では原画像に対して、平滑化フィルタを複数回続けて実行することによって原画像を平滑化する。今回の実験では、平滑化フィルタとして式 (1) に示すような各画素の階調値 $f(i, j)$ をその 3×3 近傍中の画素の階調値の平均値 $g(i, j)$ に置き換える線形平滑化フィルタを用いて、フィルタリングを実行することによって原画像を平滑化する [7]。

$$g(i, j) = \left\{ \sum_{m=-1}^1 \sum_{n=-1}^1 f(i+m, j+n) + f(i, j) \right\} / 10 \quad (1)$$

また原画像の撮影条件によっては原画像に含まれる階調値が最小値から最大値まで分布せず、ある狭い範囲内に限定される場合がある。このような場合、顔のテンプレートと原画像中の顔領域の階調値の差が大きくなることが考えられる。そこでこの問題を回避するため、平滑化後の原画像の階調値が顔のテンプレートの階調値の分布範囲、すなわち今回の実験では [0, 255] の範囲に分布するように線形変換する。

今回の実験では、平滑化と線形変換を5回繰り返し施し、得られた画像をこれ以降の原画像とする。

また顔領域の抽出精度を向上させるために、原画像を微分した画像を作成する。今回の実験では 3×3 マスクの Sobel フィルタを使った線形1次空間微分フィルタを用いて各画素の階調値 $f(i, j)$ を1次空間微分の大きさ $g(i, j)$ で置き換えた画像を用いる。式(2)、式(3)に示す Sobel フィルタによる水平・垂直方向の微分値をそれぞれ $g_h(i, j)$, $g_v(i, j)$ とすると、微分の大きさ $g(i, j)$ を示す非線形フィルタは式(4)で構成される [7]。

$$\begin{aligned} g_h(i, j) = & (-1) \times f(i-1, j-1) \\ & + f(i+1, j-1) + (-2) \\ & \times f(i-1, j) + 2 \times f(i+1, j) \\ & + (-1) \times f(i-1, j+1) \\ & + f(i+1, j+1) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} g_v(i, j) = & (-1) \times f(i-1, j-1) + (-2) \times \\ & f(i, j-1) + (-1) \times f(i+1, j-1) \\ & + f(i-1, j+1) + 2 \times f(i, j+1) \\ & + f(i+1, j+1) \end{aligned} \quad (3)$$

$$g(i, j) = (g_h(i, j)^2 + g_v(i, j)^2)^{1/2} \quad (4)$$

得られた画像は原画像中のエッジ成分が強調された画像となる。今回の実験では、得られた微分画像をしきい値 50 で2値化したものを顔領域の抽出精度の向上に利用する。

3.3 進化的探索による顔領域の検出

作成したテンプレートが原画像上でさまざまな位置、大きさ、回転角度で重なる際、GAに基づくパターンマッチングの原理を用いる。すなわち、テンプレートの種類、位置、大きさ、回転角度を表わすパラメータ列を各個体の染色体とし、そのときのマッチング率を適応度としてGAに基づいて個体集団を進化させる。

テンプレートを原画像に重ねる際のパラメータは図4に示すようにテンプレートの種類 t 、中心の x, y 座標、拡大倍率 k 、水平右向きからの回転角度 θ によって定義される。ただし TX, TY はテンプレート画像の横幅、縦幅を各々示している。

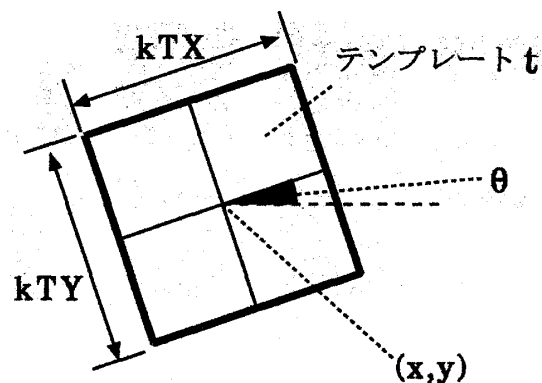


図4: テンプレートを重ねる際のパラメータ

4bit	9bit	9bit	4bit	4bit
t	x	y	k	θ

図5: 各個体のもつ染色体

そして図5に示すように、これらのパラメータを表すビット列を固体 I_i の染色体 C_i とする。

このようなパラメータを用いて、顔のテンプレートと原画像とのテンプレートマッチングを行う。染色体が持つパラメータ t によって選択された顔のテンプレートの各画素の階調値 $t(i, j)$, ($1 \leq i \leq TX, 1 \leq j \leq TY$) と、個体の染色体が示す原画像上の領域でテンプレートの各画素に対応する点 $f(i, j)$ を用いて、距離 *Difference* を式(5)のように定義する。

$$Difference = \sum_{i=1}^{TX} \sum_{j=1}^{TY} |t(i, j) - f(i, j)| \quad (5)$$

また個体 I_i の適応度 f_i を式(6)のように定義する。

$$f_i = (-1) \times \frac{Difference(i)}{255 \cdot TX \cdot TY} \quad (6)$$

ここで右辺の分母の定数 255 は画像の階調値を示している。

また一様な背景であるにもかかわらず、平均的にテンプレートに近い階調値をもつ個体は、適応度が大きくなり顔領域として抽出される場合がある。そこで原画像上でテンプレートを重ねる領域内に一定の割合以上エッジ成分が存在しなければ、

式 (7) のように適当な定数 *Penalty* をかけることにより適応度を下げる操作を行う。また、テンプレートを重ねる領域が大きいほどエッジ成分の割合が小さくなる傾向があるため、今回の実験ではテンプレートを重ねる領域内に必要なエッジ成分の割合 e_i は拡大倍率 k_i と適当な定数 E_{th} を用いて式 (8) のように定める。

$$f_i = f_i \times Penalty \quad (7)$$

$$e_i = \frac{E_{th}}{k_i} \quad (8)$$

以上のように定めた適応度を用いて個体集団を進化させる。今回の実験では世代交替を行う回数を定め、GA の実行の終了時点での最良個体が表す原画像上の領域を、抽出した顔領域とする。

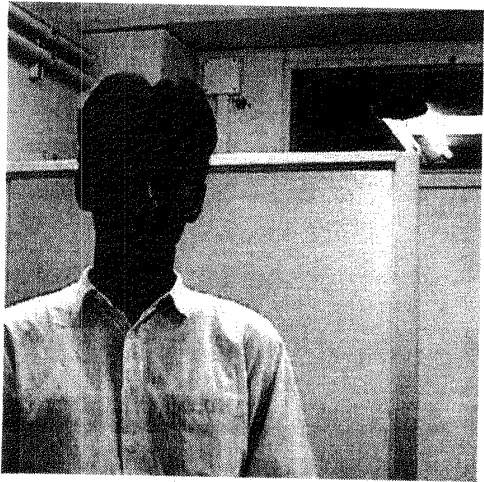
4 実験と考察

本手法によるモノクロ静止階調画像からの顔領域の抽出結果について述べる。

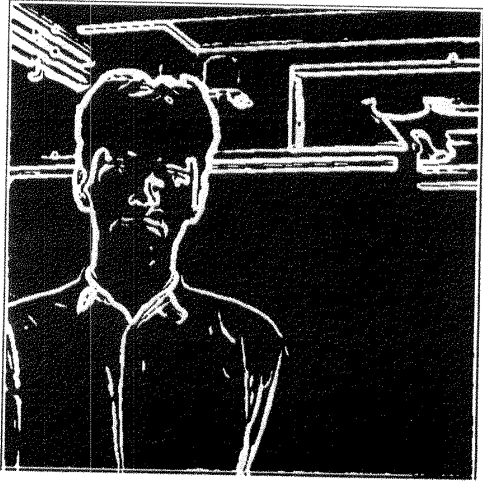
本実験で用いた GA では世代交替に、選択の方法としてトーナメント方式および現世代の最良個体を残すエリート保存戦略を併用した。本実験で用いた GA およびテンプレートマッチングのパラメータを表 1 に示す。また実験に使用した原画像はすべて 480×480 画素、256 階調である。

表 1: GA およびテンプレートマッチングのパラメータ

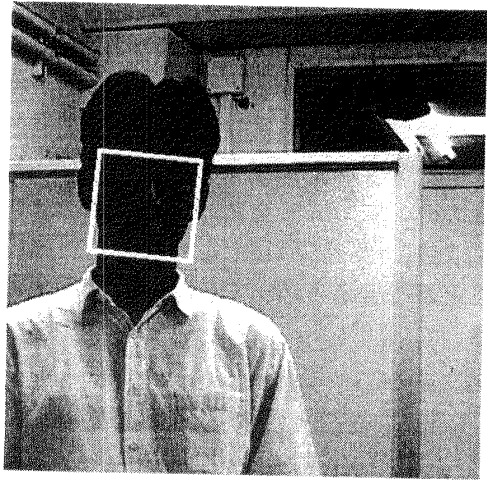
個体数	100
世代数	200
選択	トーナメント方式 + エリート保存戦略, トーナメントサイズは 2
交叉	一様交叉, 交叉率は 0.7
突然変異率	0.05
染色体長	30bit ($x, y: 9\text{bit}, t, k, \theta: 4\text{bit}$) 各パラメータはグレイコード
<i>Penalty</i>	3.0
E_{th}	1.5



(a) 原画像



(b) 微分画像



(c) 抽出結果

図 6: 顔抽出の実験例 1

図6に原画像(a)とそれから得られた微分画像(b)および実験により顔領域が抽出された画像(c)を示す。画像(c)において枠に囲まれた部分が抽出された領域である。この図から画像中の人物の顔領域が良好に抽出されていることが分かる。

また図4の得られた微分画像(b)から、人物の顔の領域は濃淡の変化がありエッジ成分が多く含まれているが、背景等の均一な部分はエッジ成分が少ないことが分かる。テンプレートを重ねる領域内に、ある割合以上のエッジ成分を必要とすることにより平均的にテンプレートの階調値に近い背景などを顔領域として抽出することとを避けることができる。

なお今回作成したプログラムはC言語で記述し、Pentium 200MHzのCPUを持つPC上で実行した。実行開始から抽出までの処理速度はおよそ3分であった。

次にこの他の原画像を用いたときの実験結果を図7、図8に示す。

図7、図8から、原画像中の顔の向き、位置、大きさ、および回転角度が変化した場合でも、本手法によって人物の顔の領域が良好に抽出されていることがわかる。

ただし今回の実験では、図9に示すように抽出に失敗することみられた。(a)は顔以外の領域を左向きの顔として、(b)は正面を向いた顔を左を向いた顔と認識して顔の一部を抽出してたものである。これは横向きの顔のテンプレートは目や鼻などの特徴を表す濃淡が少なく顔領域以外の部分とマッチングしやすいためと考えられる。

今回の実験では、テンプレートマッチングにより顔の候補領域を抽出しただけであった。得られた顔の候補領域が本当に顔であるとみなせるかどうか、直線的なエッジ成分の除去やさらに細かな顔画像のテンプレートを用いての検証などを行うことにより、図9に示したような誤った抽出を避けることができると考えられ、今後検討する必要がある。

5 まとめ

本報告では、モノクロ静止階調画像中の人物の顔の向き、位置、大きさ、傾きの回転角度が未知である場合の人物の顔領域を自動抽出する画像処

理手法について述べた。本手法では、あらかじめ作成した顔のテンプレートを用いるテンプレートマッチングに基づいて顔領域の抽出を行っている。このプロセスに遺伝的アルゴリズム(GA)を適用することによってマッチングの回数が膨大になることを避け、また原画像を微分した画像を用いることにより抽出精度の向上を図っている。実験の結果、本手法によってモノクロ静止画像中の人物の顔領域を向き、位置、大きさ、回転角度によらず抽出できることを確認した。原画像内の複数の人物の顔領域の抽出や抽出精度の向上、処理速度の高速化を、今後検討する必要がある。

参考文献

- [1] 坂本静生, 田島譲二: “画像からの顔の抽出”, 1995 信学情報・システムソサイエティ大会, D-211, (1995)
- [2] 榊永慎哉, 長尾智晴: “静止階調画像を対象とした人物の顔領域の自動抽出”, 日本印刷学会誌, 第33巻, 第6号, pp.33-38
- [3] 榊永慎哉, 長尾智晴: “遺伝的アルゴリズムを用いた静止画像中の人物の顔領域の抽出”, 信学技報, PRU95-160, pp.13-18, (1995-11)
- [4] 安居院猛, 長尾智晴: “ジェネティックアルゴリズム”, pp.1-66, 昭晃堂(1993)
- [5] 伊庭斉志: “遺伝的アルゴリズムの基礎”, p.1-103, オーム社(1994)
- [6] 北野宏明編: “遺伝的アルゴリズム”, pp.3-41, 産業図書(1993)
- [7] 安居院猛, 長尾智晴: “画像の処理と認識”, pp.30-46, 190-201, 昭晃堂(1992)

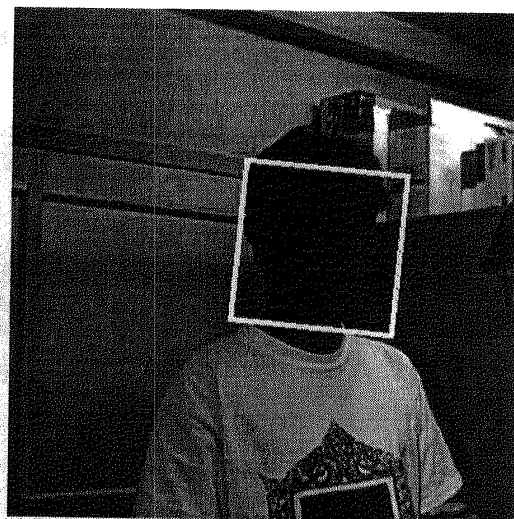
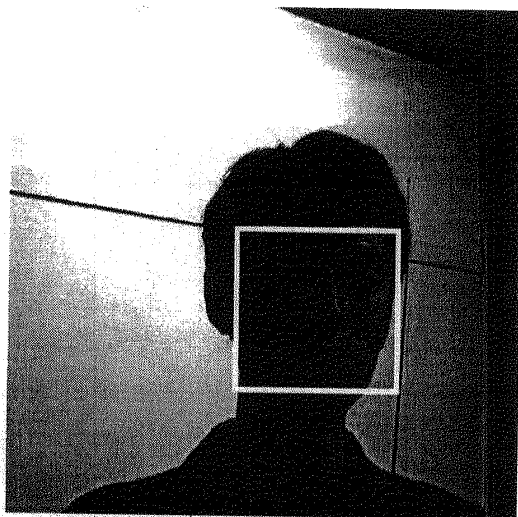
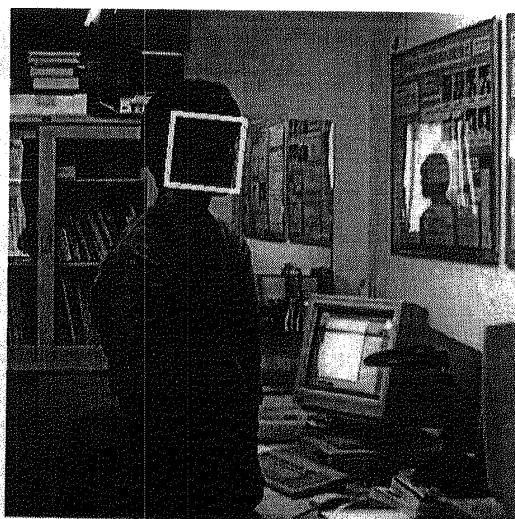
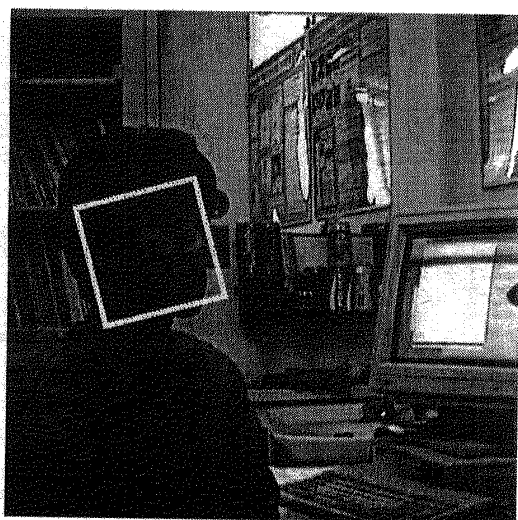
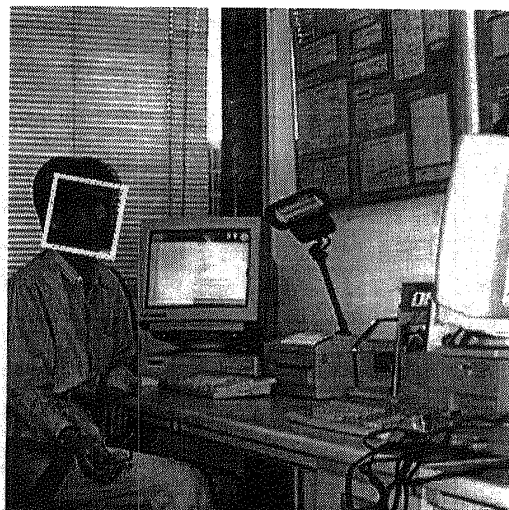
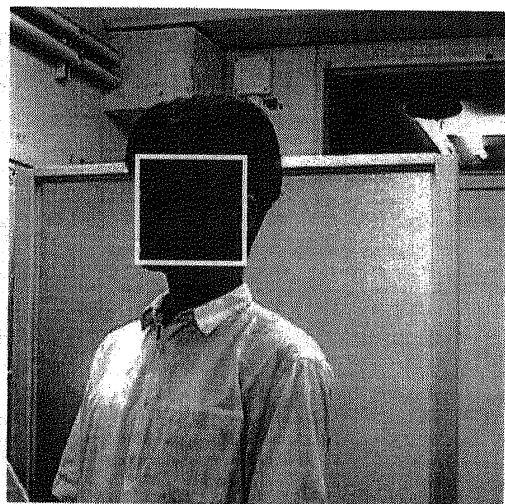


图 7: 实验例 2

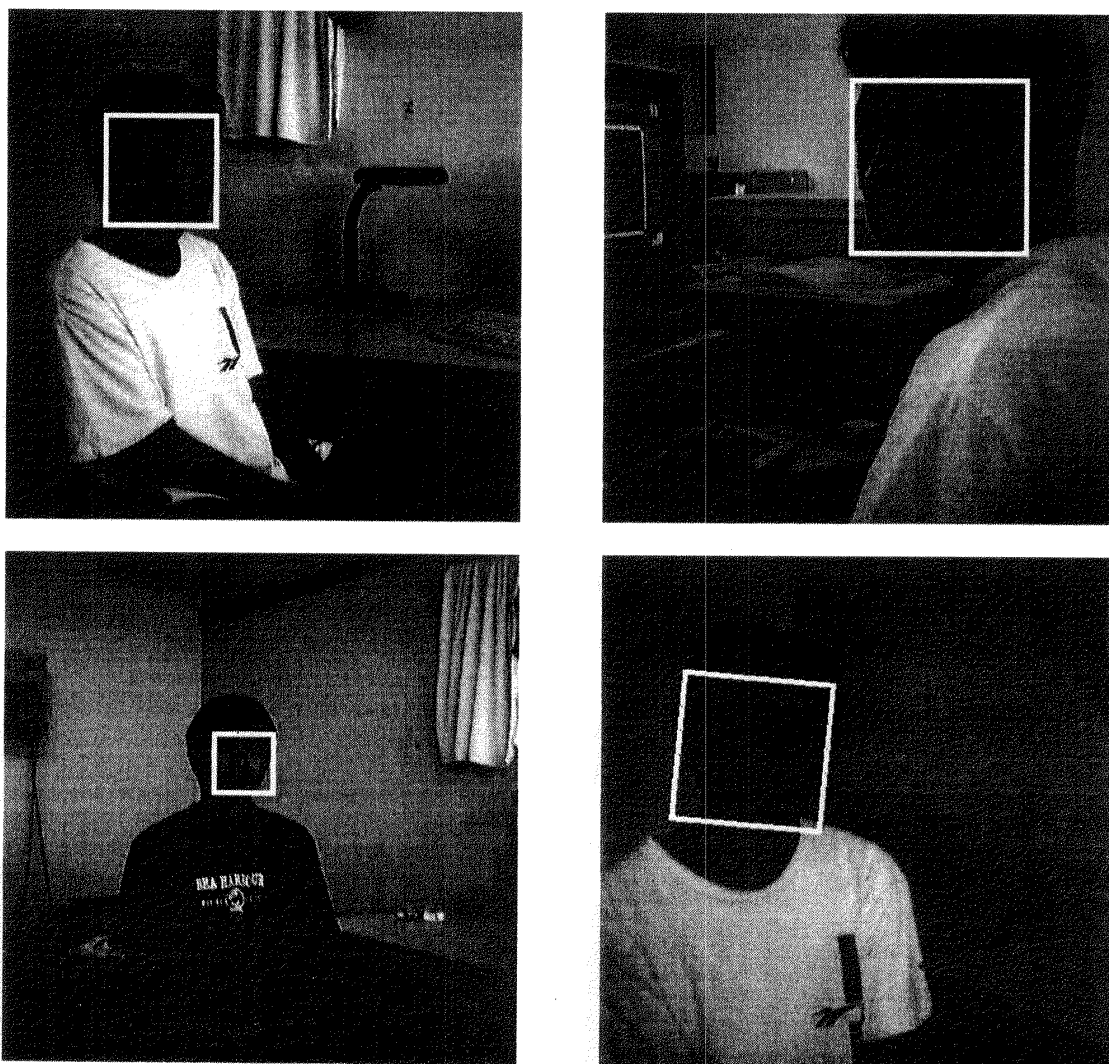


図 8: 実験例 3

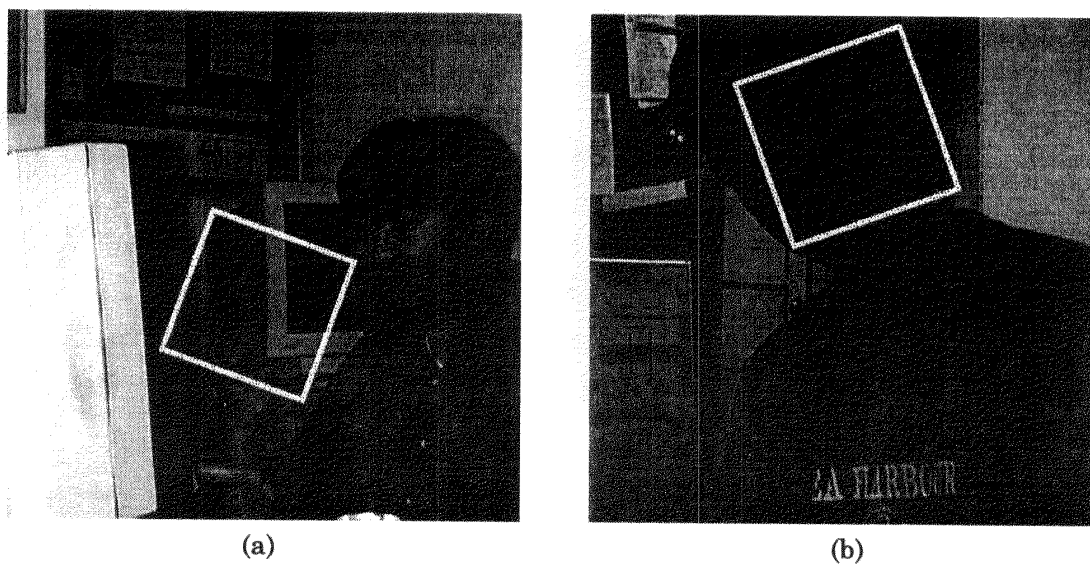


図 9: 抽出に失敗した例