JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	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
Author(s)	齋藤，康之；剣持，雪子；小谷，一孔
Citation	電子情報通信学会論文誌 D，J82-D2(5)：880-890
Issue Date	1999-05-20
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/4717
Rights	Copyright (C)1999 IEICE. 齋藤　康之，剣持　雪子，小谷　一孔，電子情報通信学会論文誌 D，J82-D2(5)，1999，880-890. http://www.ieice.org/jpn/trans_online/
Description	

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

論　文

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

齋藤　康之† 剣持　雪子† 小谷　一孔†

Extraction and Removal of Eyeglasses Frame Region in Facial Images Using Parametric Model of Eyeglasses Frame

Yasuyuki SAITO†, Yukiko KENMOCHI†, and Kazunori KOTANI†

あらまし　今日，非直接対話によりコミュニケーションを行う場面が増えつつあるが，ヒューマンコミュニケーションにおいて，表情は重要な役割を課している．コンピュータにより顔画像を解析して表情情報を抽出して伝送することにより，非直接対話のコミュニケーションにおいて，より親密かつ効率の良いコミュニケーションを実現できる．しかし，顔画像に眼鏡，ひげ，傷などを含む場合は，その物理的影響により解析を行うことが困難となるため，顔画像解析の研究では別問題として扱われている．本論文では，これらのうちで人口の多数を占める眼鏡顔について眼鏡顔画像について検討する．まず，一般的な眼鏡フレーム形状をモデル化し，顔画像内でモデルにマッチする部分を抽出する．そして，抽出した領域内の画素の輝度値を肌領域画素の輝度値で置換することで眼鏡フレーム領域を除去する．その結果，顔部品の領域抽出に支障のない眼鏡領域の除去ができることを示す．

キーワード　眼鏡フレームモデル，眼鏡顔，顔部品，表情解析

1. まえがき

ヒューマンコミュニケーションにおいて，非言語情報として，感情の 55%は表情で表現されるという報告 [1] がある．直接対話ではなく，コンピュータなどの機械を介してコミュニケーションを行うとき，コンピュータが顔画像から表情解析を行い，抽出された表情情報を伝送できれば，より親密かつ効率の良いコミュニケーションを実現できるであろう．

表情解析では，顔部品の位置，領域，形状特徴の抽出が必要である．顔部品を抽出する方法は，多数の手法が提案されている [2]〜[4] が，眼鏡やひげ，傷などが含まれる場合は，顔部品の領域や位置の検出が困難となるため，別問題として扱われている．しかしながら，日本では，眼鏡をかけている人の人口に占める割合は約 40%もあり，これら眼鏡顔に対応できる表情解析の開発が不可欠となっている．

本論文では，眼鏡顔画像について顔部品抽出に支障のない程度の眼鏡除去を行う．まず，眼鏡フレームをモデル化し，顔画像内でモデルにマッチする部分を抽出する．そして，抽出した領域内の画素の輝度値を肌領域画素の輝度値で内挿して眼鏡フレーム領域を除去する．

2. 眼鏡フレームの除去方法の概要

図 1 に眼鏡除去方法の概要を示す．まず，一般的な眼鏡フレーム形状をパラメトリックなモデルとして作成しておき，眼鏡顔画像内でモデルにマッチする部分を眼鏡フレーム領域として抽出する．そして，その領

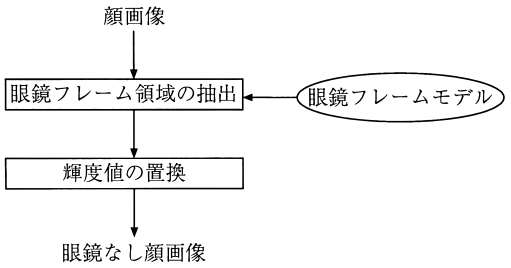


図 1　眼鏡除去方法の概要
Fig. 1　Outline of removal method of eyeglasses.

† 北陸先端科学技術大学院大学，石川県
Japan Advanced Institute of Science and Technology, 1–1 Asahidai, Tatsunokuchi-machi, Nomi-gun, Ishikawa-ken, 923–1292 Japan

域内の画素の輝度値を，周囲の肌領域画素の輝度値で置換することで，眼鏡を除去した顔画像を得る．

3. パラメトリック眼鏡フレームモデル

眼鏡フレームのデザインでは，機能面に加えてファッション性も考慮されているため，その形状は多様である [5]．また，眼鏡フレームは人工物であるので，複雑なデザインのものも存在する．しかし，これらすべてを網羅するモデルを作成するのは困難であり，実際的ではない．そこで，本論文では一般的な形状をもつ眼鏡フレームのモデル化を行う．

パラメータの値を変えることにより様々な形状を生成できるように，眼鏡フレームの各部の形状を関数で与えた眼鏡フレームモデルを作成する．なお，眼鏡は対称構造をもつため，片側だけを表す眼鏡フレームモデルを作成し（図 2），その鏡像と組み合わせることで眼鏡全体を表す．

眼鏡を構成する部品のうち，ブリッジは 2 次曲線で表し，ブリッジの中央とその端の座標 $(0, d_1)$, (d_2, d_3) をそのパラメータとする．

リムは 3 次の Riesenfeld 閉スプライン $x(t), y(t)$ で表し [6]，x 軸と直線 $x = d_2$, $y = d_9$, $x = d_{10}$ によって作られる方形上に八つのノード q_1, q_2, $\cdots$, q_8 を配置し，各ノード q_i の座標 (x_i, y_i) をパラメータとする．

$$x(t) = \sum_{i=1}^{8} x_i B^c_{i-2,4}(t) \tag{1}$$

$$y(t) = \sum_{i=1}^{8} y_i B^c_{i-2,4}(t) \tag{2}$$

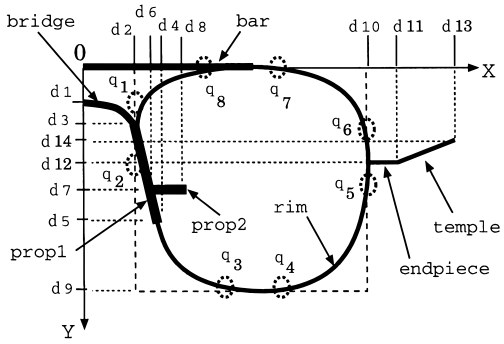


図 2　パラメトリック眼鏡フレームモデル
Fig. 2　A parametric eyeglasses frame model.

ここで，ブリッジとリムが途切れないようにするために，q_1 と q_2 をブリッジの端を挟むように配置する．

$$y_1 \ < \ d_3 \ < \ y_2 \tag{3}$$

プロップ 1 は直線分で表し，その上端の座標 (d_2, d_3) と下端の座標 (d_4, d_5) をパラメータとする．

プロップ 2 は直線分で表し，その左端の座標 (d_6, d_7) と右端の座標 (d_8, d_7) をパラメータとする．

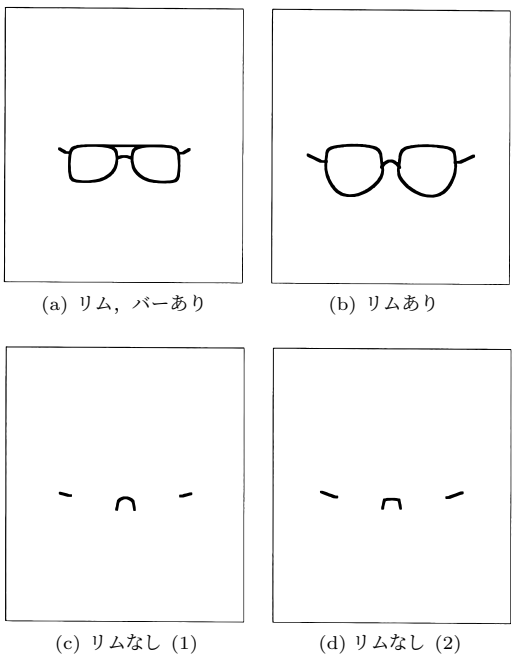
エンドピースは直線分で表し，その左端の座標 (d_{10}, d_{12}) と右端の座標 (d_{11}, d_{12}) をパラメータとする．リムとエンドピースが途切れないようにするために，リムのノード q_5 と q_6 の間にエンドピースを配置する．

$$y_6 \ < \ d_{12} \ < \ y_5 \tag{4}$$

また，エンドピースがブリッジに近づきすぎないよう，式 (5) を満たすように d_{10} を設定する．

$$d_{10} \quad d_4 \ + \ 2d_2 \tag{5}$$

テンプルは直線分で表し，両端の座標 (d_{11}, d_{12}), (d_{13}, d_{14}) をパラメータとする．



(a) リム，バーあり　(b) リムあり
(c) リムなし (1)　(d) リムなし (2)

図 3　モデルに基づいて作成した眼鏡フレームの例
Fig. 3　Examples of eyeglasses generated using by our parametric model.

バーをもたせる場合は，リム上で最小の y 座標となる点から y 軸までを結ぶ x 軸に平行な直線分で表す．

各関数のパラメータの値を与え，リム，ブリッジ，プロップ 1，プロップ 2，エンドピース，テンプルを各々生成し，それらを組み合わせて眼鏡の片側を生成し，更に，y 軸について鏡像をとったものと組み合わせることで眼鏡フレームを作成できる（図 3）．本論文では，この眼鏡フレームモデルを眼鏡フレーム領域の抽出に用いる．

4. 眼鏡フレーム領域の抽出

眼鏡フレームモデルを用いて以下の四つの手順に従い，眼鏡フレームの各部を抽出する（図 4）．

4.1 眼鏡フレームの傾き推定

画像内の眼鏡フレームの傾きを推定する．眼鏡フレーム構造を大局的にとらえるために低解像度輪郭画像を作成し，低解像度輪郭画像内の各物体の慣性主軸の傾きを求める．

（1） 原画像（図 5）に対して Roberts オペレータ

$$I_x(x,y) = I(x,y) \ - \ I(x+1,y+1) \tag{6}$$

$$I_y(x,y) = I(x+1,y) \ - \ I(x,y+1) \tag{7}$$

$$grad(x,y) = (I_x^2 \ + \ I_y^2)^{\frac{1}{2}} \tag{8}$$

を用いて原画像から輪郭を抽出し，閾値処理により輪郭画像を生成する（図 6）．ここで，$I(x,y)$ は，座標 (x,y) における輝度値である．

（2） 輪郭画像に対し，式 (9) としきい値処理により低解像度輪郭画像（図 7）を作成する．

$$I'(x,y) = \frac{1}{2\pi} \sum_{\alpha=-3}^{3} \sum_{\beta=-3}^{3} e^{-\frac{\alpha^2+\beta^2}{2}} \ I(x-\alpha, y-\beta) \tag{9}$$

（3） 低解像度輪郭画像内の連結成分ごとに異なったラベル L_i を付ける．

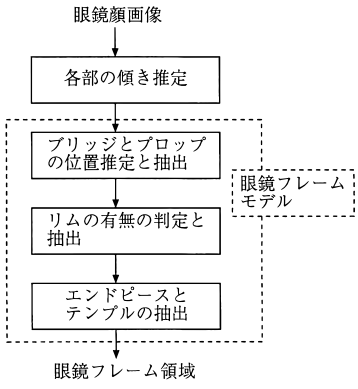


図 4 眼鏡フレーム抽出の流れ
Fig. 4 Block diagram of extraction of eyeglasses frame.

図 5 原 画 像
Fig. 5 Original images.

図 6 輪 郭 画 像
Fig. 6 Binarized contour images.

図 7 低解像度輪郭画像
Fig. 7 Binarized contour images of low resolution.

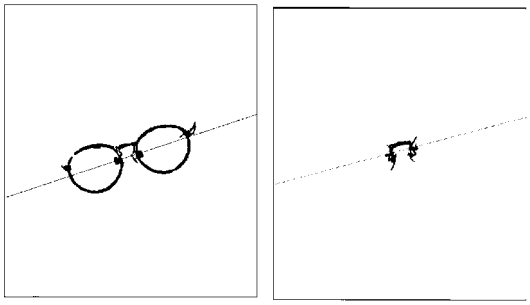


図 8　推定した傾きの例
Fig. 8　Examples of estimated inclination.

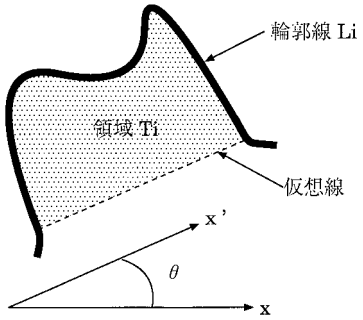


図 9　眼鏡中央部の領域候補
Fig. 9　Candidate of central region of eyeglasses.

（4） 各連結成分 L_i について慣性主軸の傾きを式 (10) により求める（図 8）．ここで (x_{L_i}, y_{L_i}) は連結成分 L_i の座標とする．

$$\theta_i = \begin{cases} \frac{1}{2}\ \tan^{-1}\left(\frac{2\sum_{L_i} x_{L_i} y_{L_i}}{\sum_{L_i} x_{L_i}^2 - \sum_{L_i} y_{L_i}^2}\right), \\ \qquad \sum_{L_i} x_{L_i}^2 \neq \sum_{L_i} y_{L_i}^2 \text{ の場合} \\ 0, \quad \sum_{L_i} x_{L_i}^2 = \sum_{L_i} y_{L_i}^2 \text{ の場合} \end{cases} \tag{10}$$

4.2 ブリッジ及びプロップの抽出

「ブリッジとプロップは眼鏡に必ず存在する」,「眼鏡顔画像内のブリッジとプロップの周囲の鼻の部分は輝度変化が滑らかなため，ブリッジとプロップの輪郭検出は行いやすい」という特徴がある．そこで，眼鏡フレーム領域の抽出において，まず，眼鏡の中央部分の位置を推定する．ここでは，ノイズの影響を抑えるため，低解像度輪郭画像を用いる．

4.2.1 位置推定

（1） 低解像度輪郭画像において各連結成分 L_i の輪郭から前節で求めた慣性主軸の傾きと平行な仮想線を引き，その直線と L_i で囲まれる領域 T_i の円形度 C を式 (11) により求める（A：面積，l：周囲長）．

$$C = \frac{4\pi A}{l^2} \tag{11}$$

C がしきい値の範囲内ならば T_i を眼鏡の中央部領域の候補として抽出する（図 9）．

（2） すべての候補領域 T_i のうち，その輪郭が対称となっているものを眼鏡の中央部の下方領域 T_e と推定し（図 10），T_e を囲む連結成分を L_e とする．

4.2.2 抽出処理

（1） 眼鏡フレームモデルのパラメータ $d_1, d_2, \cdots, d_8$ に初期値を与え，ブリッジとプロップを生成する．

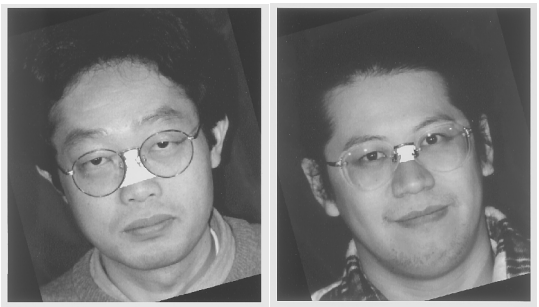


図 10　推定した領域 T_e
Fig. 10　Estimated T_e region.

（2） 生成したブリッジ・プロップと連結成分 L_e とのマッチング度 M を次式により求める．

$$M = \frac{1}{K+E} \sum cor(x,y) \tag{12}$$

ここで，K は生成したブリッジとプロップの画素数，E は連結成分 L_e の画素数，$cor(x,y)$ は座標 (x,y) において，生成したブリッジ及びプロップと連結成分 L_e がともに存在する場合は 1 を，そうでない場合は 0 を返す関数である．

（3） パラメータ $d_1, d_2, \cdots, d_8$ の値を変更して（2）を繰り返す．ここで，パラメータ $d_1, d_2, \cdots, d_8$ の値は，領域 T_e の縦の長さ v と横の長さ h から大きく逸脱することがないように，

$$|\, d_i - x_e \,| \leqq h \quad (i = 1,3,5,7) \tag{13}$$

$$|\, d_i - y_e \,| \leqq v \quad (i = 2,4,6,8) \tag{14}$$

の範囲とする（図 11）．ここで，x_e と y_e は，領域 T_e

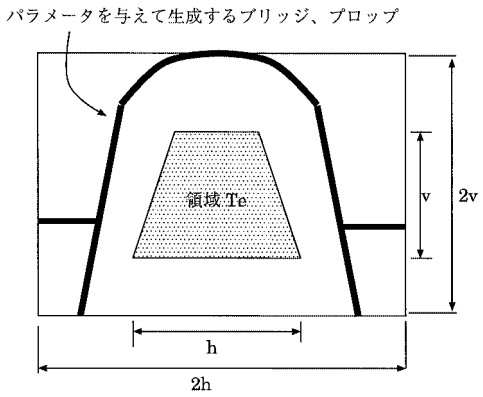


図 11　パラメータの値の範囲
Fig. 11　The value ranges of parameters.

図 12　抽出したブリッジ，プロップ
Fig. 12　Extracted bridge and prop.

の最小の x 座標を x_{emin}，最大の x 座標を x_{emax}，最小の y 座標を y_{emin}，最大の y 座標を y_{emax} とすると

$$x_e = \frac{1}{2}(x_{emax} + x_{emin}) \tag{15}$$

$$y_e = \frac{1}{2}(y_{emax} + y_{emin}) \tag{16}$$

で求められる．

（4） Mが最大となるパラメータ $d_1, d_2, \cdots, d_8$ が生成するブリッジとプロップ領域を眼鏡の中央部とする．

ブリッジ，プロップの抽出結果を図 12 に示す．

4.3　リムの抽出

4.3.1　リムの有無の判定

眼鏡の中央部の抽出を行った後に，眼鏡にリムがあるかどうかを判定する．これは，リムなし眼鏡の場合は，リムを抽出する必要がないためである．

眉の領域をリムの上部と誤判定する場合があるため，リムの上部を判定に用いることは適切ではない．一方，リムの下部は，頬の輝度変化は滑らかであるので，輪郭検出しやすい．そこで，リムの有無の判定は，リムの下部の有無で行う．

（1） 低解像度輪郭画像において，連結成分 L_e の左右の y 座標が最大となる点を求め，各々の x 座標を rim_{lx}, rim_{rx} とする．

（2） ブリッジの左右の端点の x 座標を各々 d_{2l}, d_{2r} とし，

$$d_{2l} - rim_{lx} > h \tag{17}$$

$$rim_{rx} - d_{2r} > h \tag{18}$$

ならば，その部分はリムの下部と推定し，リムがあると判定する．ここで，h は領域 T_e の横幅を表す．

4.3.2　リム抽出処理

眼鏡にリムがあると判定した場合は，リムの抽出を行う．

（1） ノード $q_1, q_2, \cdots, q_8$ の座標の初期値を設定する．

（2） 式 (12) において，生成したリムの画素数を K とし，生成したリムと輪郭画像内の輪郭とのマッチング度 M を求める．

（3） ノード $q_1, q_2, \cdots, q_8$ の座標を変更して（2）を繰り返す．ここで，パラメータの値のとり得る範囲は，輪郭低解像度画像で推定したリム領域内とし，リムの縁の幅は，ブリッジの縁の幅までとする．

（4） M が最大となるノード $q_1, q_2, \cdots, q_8$ が生成するリムを抽出する（図 13）．

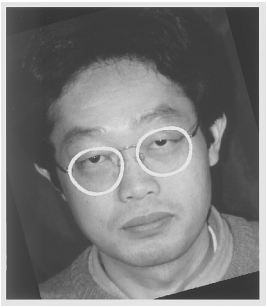


図 13　抽出したリム
Fig. 13　Extracted rim.

4.4　エンドピース，テンプルの抽出

エンドピースとテンプルは接続しているので，これらを同時に抽出する．

（1） 直線分の各パラメータ $d_{10}, d_{11}, \cdots, d_{14}$ の

図 14　抽出したエンドピース，テンプル
Fig. 14　Extracted endpieces and temples.

値を眼鏡フレームモデルに与え，エンドピース，テンプルを生成する．

（2） 生成したエンドピース・テンプルの画素数を K とし，生成したエンドピース・テンプルと輪郭画像内の輪郭とのマッチング度 M を式 (12) により求める．

（3） パラメータ $d_{10}, d_{11}, \cdots, d_{14}$ の値を変更して（2）を繰り返す．左右のエンドピースとテンプルは，ブリッジからある程度離れた位置にあるので，横方向の探索範囲 x_l（左方向），x_r（右方向）を

$$x_l < d_{4l} - 2(d_{2r} - d_{2l}) \tag{19}$$

$$x_r > d_{4r} + 2(d_{2r} - x_{2l}) \tag{20}$$

とする．すなわち，左右のプロップ 1 からブリッジ幅の 2 倍以上離れた範囲とする．ここで，d_{4l}, d_{4r} は左右のプロップ 1 の下端の x 座標である．

また，縦方向の探索範囲 y は，

$$d_1{}' - (d_5{}' - d_1{}') < y < d_5{}' + (d_5{}' - d_1{}') \tag{21}$$

とする．ここで，$d_1{}'$ はブリッジの頂点の y 座標，$d_5{}'$ はプロップ 1 の下端の y 座標である．

（4） M がしきい値以上となる領域を抽出する．

エンドピースとテンプルの抽出結果を図 14 に示す．耳の部分が誤って抽出されているが，耳には表情が現れないので，この部分が表情解析に直接影響することはない．

5. 眼鏡フレーム領域の画素の輝度値の置換

眼鏡フレーム領域の画素の輝度値を肌の輝度値で置換することにより，眼鏡の除去を行う．

5.1 線形補間

眼鏡フレーム領域の画素について，周囲の肌領域画素の輝度値を用いて線形補間する．

（1） 眼鏡フレーム領域内の一つの画素 S_{cr} に注目し，その座標を (x_{cr}, y_{cr}) とする．S_{cr} から下方向で最も距離の近い肌領域画素 S_{un} を抽出し，その座標を (x_{un}, y_{un}) とする．同様に，右，左下，右下方向について肌領域画素 S_{rt}, S_{ul}, S_{ur} を抽出し，各々の座標を (x_{rt}, y_{rt}), (x_{ul}, y_{ul}), (x_{ur}, y_{ur}) とする．

（2） S_{cr} から S_{un}, S_{rt}, S_{ul}, S_{ur} のユークリッド距離 d_{un}, d_{rt}, d_{ul}, d_{ur} のうちで最小となる画素を S_1（輝度値 I_1）とする．

$$d_{un} = \sqrt{(x_{un} - x_{cr})^2 + (y_{un} - y_{cr})^2} \tag{22}$$

$$d_{rt} = \sqrt{(x_{rt} - x_{cr})^2 + (y_{rt} - y_{cr})^2} \tag{23}$$

$$d_{ul} = \sqrt{(x_{ul} - x_{cr})^2 + (y_{ul} - y_{cr})^2} \tag{24}$$

$$d_{ur} = \sqrt{(x_{ur} - x_{cr})^2 + (y_{ur} - y_{cr})^2} \tag{25}$$

（3） S_{cr} から S_1 への方向と反対方向の肌領域画素を S_2（輝度値 I_2）とする．

（4） S_{cr} から S_1 までの間のすべての眼鏡フレーム領域の画素について，式 (26) により輝度値を求めて置換する．ここで，d_{S_1} と d_{S_2} は各々，置換する画素から肌領域画素 S_1 と S_2 までのユークリッド距離を示す．なお，線形補間によって置換した眼鏡フレーム領域の画素値 I は，以後の繰返し処理において肌領域の画素値として扱う．

$$I = \frac{d_{S_2}}{d_{S_1} + d_{S_2}} I_1 + \frac{d_{S_1}}{d_{S_1} + d_{S_2}} I_2 \tag{26}$$

（5） 画像の左上から順に，眼鏡フレーム領域内のすべての画素を注目画素とし（1）から繰り返す．

また，しきい値以上の輝度値をもつ領域を抽出し，その円形度がしきい値以上ならば，レンズ上の反射領域と判定し，同様に輝度値の置換を行う．

5.2 偏差の加算

線形補間を行った結果は，筋状の不自然なパターンが残るため（図 18 (1)，(2)），まず肌の輝度パターンを解析し，その結果をもとに，補間値に加算処理を施す．

5.2.1 肌領域の輝度パターン

肌領域の輝度パターンを解析するために，まず，眼鏡なし顔画像から肌領域を手動で切り出す（図 15）．肌領域を拡大すると，2×2 画素のブロック内では類似した輝度値が現れることがわかる（図 16）．

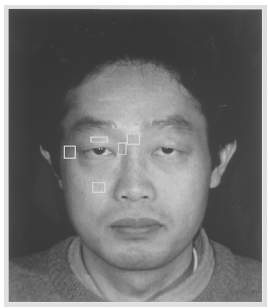


図 15　切り出した肌領域
Fig. 15　Cliped skin regions.

154	152	151	151	152	153	153	152	167	167
152	149	148	147	147	146	146	149	165	166
159	157	156	154	148	153	154	156	165	169
159	158	167	165	153	165	165	158	165	167
169	175	173	171	174	173	175	176	169	168
176	180	177	174	171	176	177	175	169	169
183	183	181	179	178	179	178	179	174	173
182	184	184	183	178	183	182	181	175	169
173	174	175	175	169	169	178	179	175	174
173	173	175	175	169	167	178	178	175	174

図 16　肌領域（例）の拡大図（1 ますが 1 画素の輝度値を表す）
Fig. 16　An enlarged sample image of skin region. (1 block shows gray level of 1 pixel)

表 1　各肌領域の 2×2 画素ごとの輝度値の平均の分散
Table 1　Variances of average of gray level for 2 × 2 pixels in each skin region.

	頬	目蓋	目頭	目尻	眉間
人物 1	32.364	58.556	50.391	54.083	73.516
人物 2	43.486	32.302	25.277	46.043	15.063
人物 3	61.985	51.101	61.192	46.276	28.260
人物 4	52.861	34.556	71.087	43.144	85.987
人物 5	44.462	41.786	48.646	42.558	52.713
人物 6	48.211	56.305	54.583	44.080	37.875
人物 7	47.473	50.131	36.715	46.322	30.718
人物 8	48.952	36.160	52.923	43.390	29.993
人物 9	40.643	44.670	62.771	57.776	36.331
人物 10	57.888	34.418	32.724	39.770	91.705
人物 11	54.342	35.663	40.676	40.381	21.956
人物 12	49.552	54.284	61.034	49.984	22.820
人物 13	58.539	57.599	28.228	45.178	54.447
人物 14	47.195	46.118	64.665	50.270	77.797
人物 15	59.074	58.395	59.584	41.909	50.176

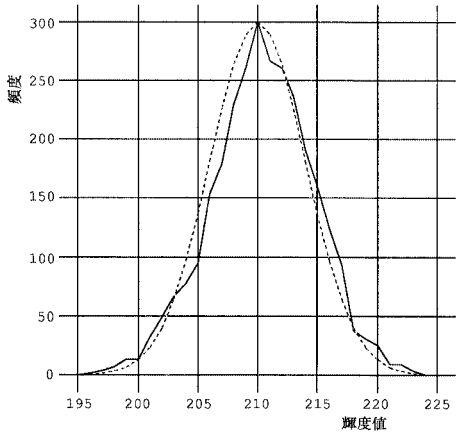


図 17　切り出した肌領域（例）の輝度値のヒストグラム（実線）と正規分布（破線）
Fig. 17　A histgram of gray levels in sample image of cliped skin region (solid line) and standard distribution (broken line).

眼鏡なし顔画像 15 枚から切り出した各肌画像について，2×2 画素のブロックごとの輝度値の平均を求め，それらの分散を表 1 に示す．また，図 17 は，肌領域画素の輝度値のヒストグラムと正規分布を示したもの（横軸が輝度値，縦軸が画素数）である．輝度値の分布が正規分布に近いことがわかる．

5.2.2　加 算 処 理

置換した結果に対して偏差 σ を加算する．

$$I''(x,y) = I(x,y) + \ \sigma \cdot rand \qquad (27)$$

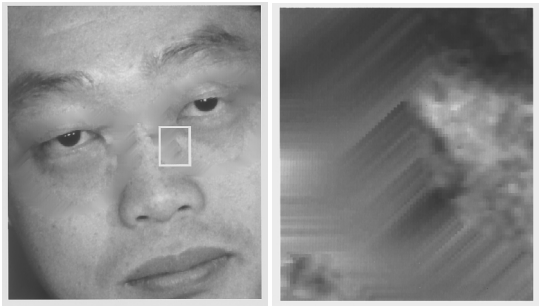
ここで，$I''(x,y)$ は座標 (x,y) における画素のもとの輝度値 $I(x,y)$ に対する新しい輝度値で，$rand$ は標準正規分布 $N(0,1)$ に従う乱数である（2×2 画素ごとに変化させる）．σ は，ブリッジ，プロップ，リム，エンドピースとテンプルの各部を補間する場合ごとに，前節の解析結果の中で最も大きな値（表 1 の下線部）を各々とるものとする．

5.3　平　滑　化

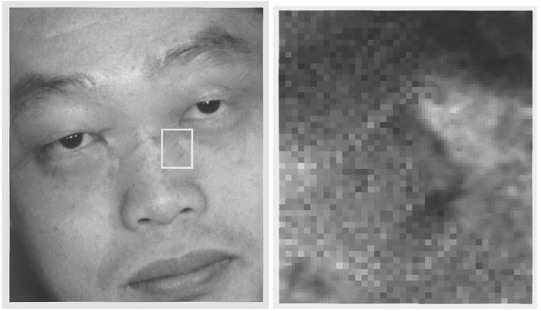
偏差を加算した結果（図 18 (3)，(4)）の輝度値の変化を滑らかにするために，3×3 画素の移動平均法 [7] により，平滑化を行う（図 18 (5)，(6)）．図 18 (7)，(8) に，比較として眼鏡なし原画像を示す．

6.　実験結果及び考察

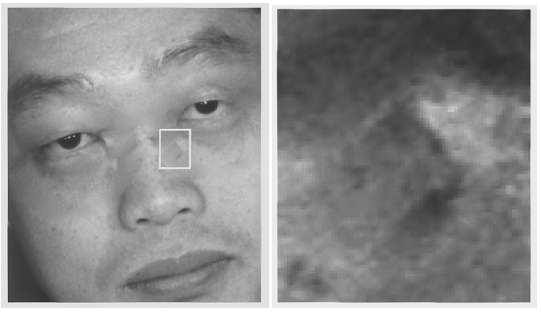
実験に使用した顔画像は無表情顔の正面顔画像 15 枚である．背景は一様で，照明は眼鏡レンズの反射が



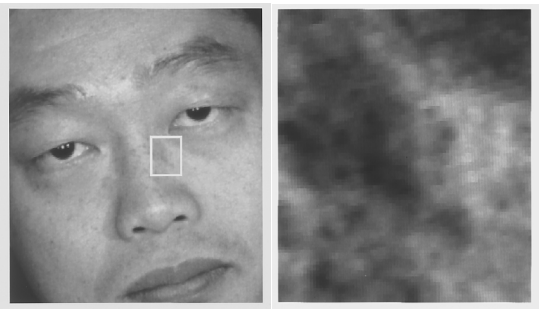
(1) 線形補間の結果　(2) 白枠内の拡大図
Results of linear interpolation (1) and magnified figure (2).



(3) (1) に偏差を加えた結果　(4) 白枠内の拡大図
Results of added variance (3) and magnified figure (4).



(5) (3) を平滑化した結果　(6) 白枠内の拡大図
Results of smoothing (5) and magnified figure (6).



(7) 眼鏡なし原画像　(8) 白枠内の拡大図
Original images without eyeglasses (7) and magnified figure (8).

図 18　輝度値の置換結果
Fig. 18　Results of replacement of gray level.

生じないよう設定し，35 mm 一眼レフカメラを用いて撮影してフィルムスキャナによりディジタル画像化した．解像度は，後の顔画像領域分割処理において必要とする 800 × 960 画素，モノクロ 256 階調とした．また，眼鏡フレーム領域を除去しても目の形状情報が欠落すると，領域分割を行うことが困難となるため，髪の毛で目を覆わない，レンズ上の照明反射により目が隠されない，透明レンズである，眼鏡フレームと目が重ならない，とした．更に，図 19 のように顔が水平方向に回転している場合は，眼鏡フレームと目が重なること，眼鏡フレームが非対称形状となること，などの問題が生じる上，眼鏡フレームと目が重なる場合については，目の形状情報が失われるため，対象を正面顔画像とした．

図 20 に示すように，眼鏡顔画像内の眼鏡フレーム領域の各部分（ブリッジ，パッド，リム，エンドピース，テンプル）が抽出できており，輝度値を置換することにより眼鏡フレーム領域を除去した顔画像は，鼻筋の部分やレンズの影響が残る部分において若干の不自然さがあるものの，良好に眼鏡フレーム領域を除去できている．なお，図 20 の顔の傾きは各々 y 軸に対して 15 度である．本方法は，眼鏡の中央部分の位置推

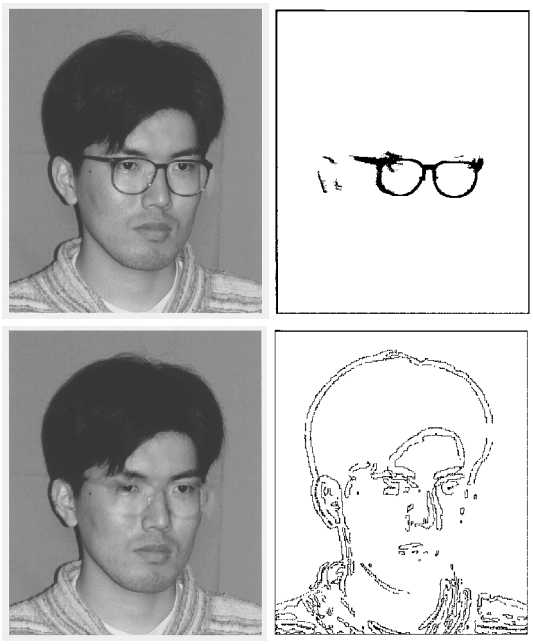


図 19　回転している顔画像
Fig. 19　An image of horizontal rotated face.

定を行う際に，下向きのコの字型を探索しているため，顔の傾きが画像の垂線に対して左右 90 度未満の範囲ならば眼鏡の位置を推定できる．人が対話する際，90 度を超えて大きく顔を傾けることはほとんどないと考えられるので，範囲を限定しても支障はないであろう．

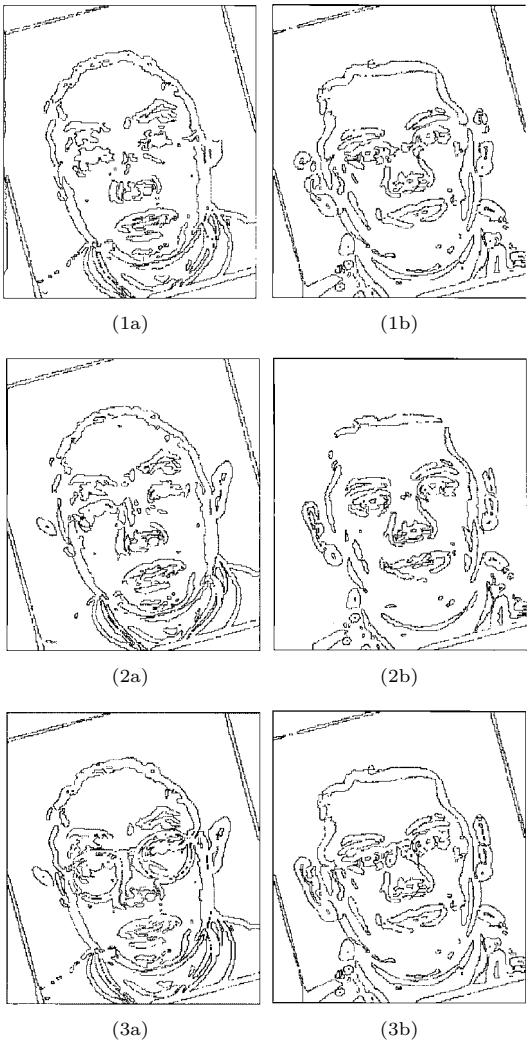
眼鏡フレーム領域除去結果は，若干の不自然さが残っているが，どこまで自然な眼鏡なし顔画像に近づける必要があるかは，後の解析方法に依存するであろう．ここでは，例としてフラクタル分析による顔画像領域分割を行った [4]．濃淡面の activity をフラクタル次元により推定し，次元値の近い部分同士を同一領域として統合し，顔画像を領域分割した．その結果，目の領域が鼻，眉，顔の輪郭と融合することのない良好な結果を得ることができた（図 21，図 22）．一方，図 21 (3a), (3b) のように眼鏡顔画像を領域分割した結果は，目の領域が鼻，眉，顔の輪郭と融合してしまうため，目の領域を特定して抽出することが困難であることがわかる．眼鏡フレームを除去することにより顔画像領域分割が支障なく行えることがわかる．

ただし，図 23 のように，レンズの影響により右目と顔の輪郭，左目と左眉の各領域が融合する場合があった．これは，レンズの影響を受ける領域の濃淡面の activity が，肌領域の濃淡面の activity よりも高くなり，目の領域と他の領域（顔の輪郭や眉）とが融合したためと考えられる．

(1a) (1b)
眼鏡フレーム領域除去結果
Results of removal of eyeglasses frame region.

(2a) (2b)
眼鏡なし原画像
Original images without eyeglasses.

図 20　実験結果 (1)
Fig. 20　Results (1).



(1a) (1b)
(2a) (2b)
(3a) (3b)

図 21　顔画像分割結果（入力：図 20 (3a)，(3b) は眼鏡原画像（図 5）を入力）
Fig. 21　Results of region segmentation (the input images are in Fig. 20 and original image of face with eyeglasses (Fig. 5) for (3a), (3b)).

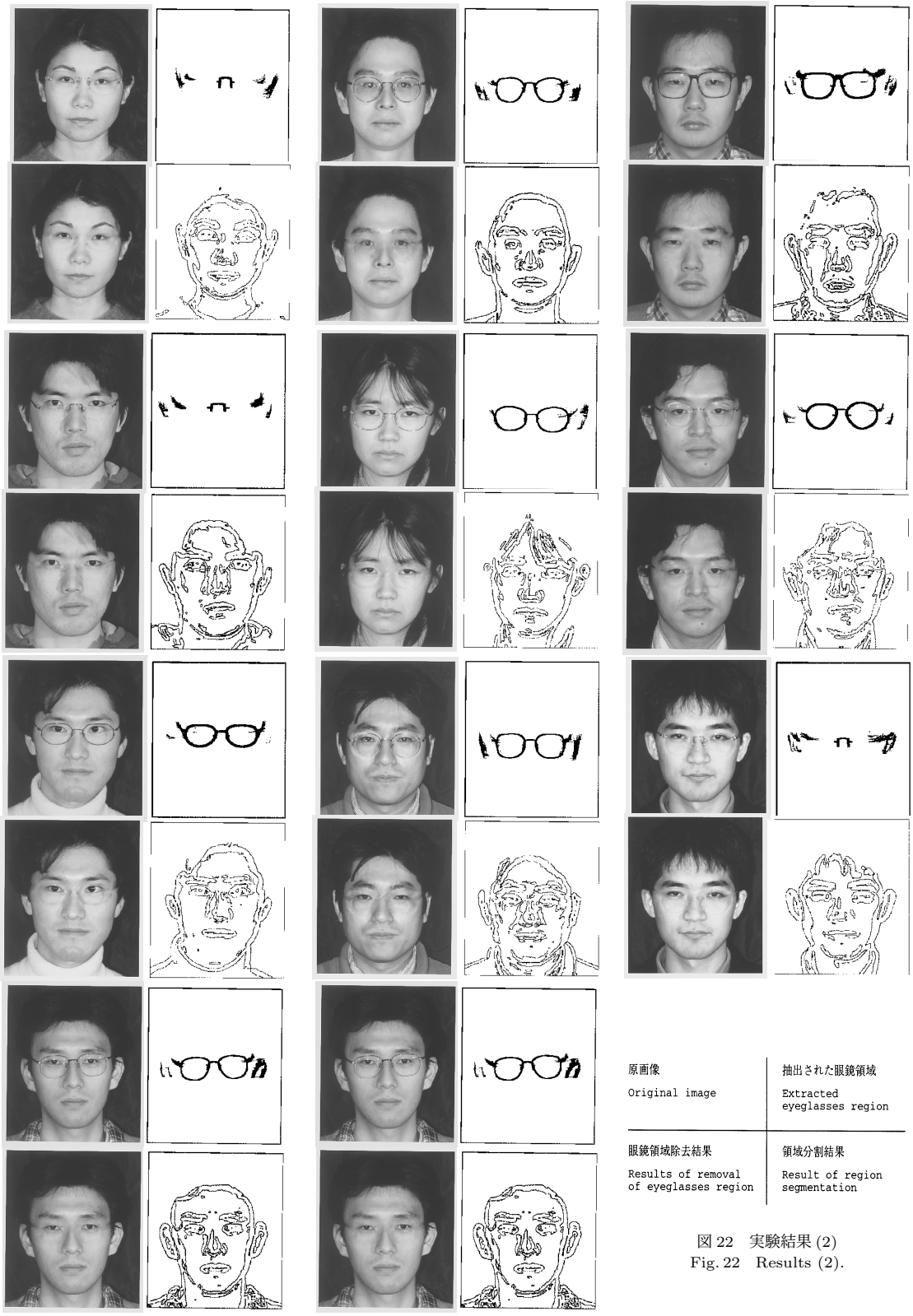


図 22　実験結果 (2)
Fig. 22　Results (2).

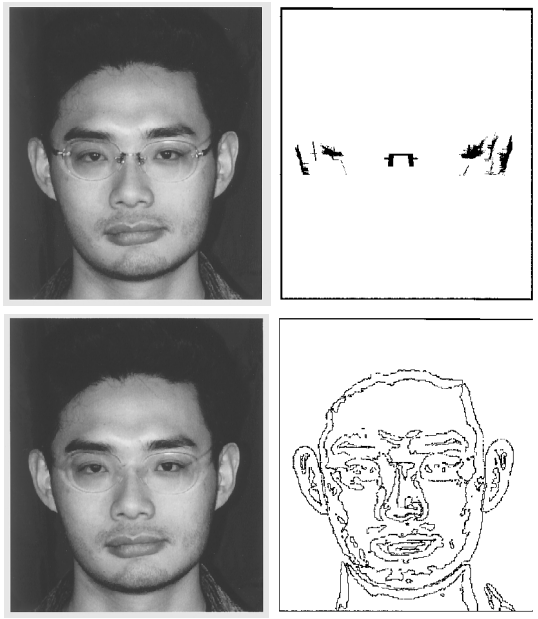


図 23　領域分割失敗例
Fig. 23　Failure results of region segmentation.

7. むすび

本論文では，眼鏡を含む顔画像において顔部品の抽出の妨げとなる眼鏡の領域抽出とその除去を行った．その方法の特徴は，あらかじめ作成しておいた眼鏡フレーム構造のモデルに基づいて眼鏡フレーム領域を抽出することである．まず，顔画像について輪郭検出と2値化を行った後に連結成分にラベリングし，各連結成分ごとに慣性主軸の傾きを求めて眼鏡フレームの傾きを推定した．続いて，輪郭画像を低解像度化し，眼鏡の大まかな位置や形状の情報を得てから，詳細に眼鏡フレーム領域を抽出した．そして，眼鏡フレーム領域内の画素の輝度値を周囲の肌領域画素の輝度値で置換して眼鏡フレーム領域を除去した．眼鏡除去結果に対し領域分割を行ったところ，目，眉，鼻，顔の輪郭の各領域が融合せず，良好な結果を得た．

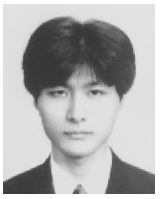
今後の課題としては，エンドピースとテンプルの抽出精度の向上や顔の水平方向の回転への対応が挙げられる．

謝辞　日ごろから御指導，御助言を賜わる本学宮原誠教授，亀田昌志助手，小谷研究室並びに宮原研究室の各位に感謝致します．本研究の一部は，(財) 高柳記念電子科学技術振興財団の援助によるものである．

文　献

[1] A. Mehrabian (西田司訳), "非言語コミュニケーション," 聖文社, 1986.
[2] 長尾　真, 大山　正, "コンピュータのパターン認識," 東京大学出版会, 1985.
[3] 横山太郎, 呉　海元, 谷内田正彦, "色彩画像からの顔の発見と顔部品の同定," 情処学研報, CVIM100-11, pp.85–92, May 1996.
[4] 本田明子, 小谷一孔, "フラクタル分析による顔画像の特徴抽出," 信学技報, IE96-104, Dec. 1996.
[5] 糸井素一, 所　敬, 西信元嗣, 山崎弘仁, 長谷川弘, "眼鏡," メディカル葵出版, 1986.
[6] 桜井　明監修, "Cによるスプライン関数 データ解析/CG/微分方程式," 東京電機大学出版局, 1993.
[7] 有本　卓, "信号・画像のディジタル処理," 産業図書, 1980.

（平成 10 年 7 月 3 日受付，11 月 4 日再受付）



齋藤　康之　（学生員）

平 7 九州工大・工・電気・情報コース卒．平 9 北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士前期課程了．現在，同博士後期課程在学中．画像解析・処理の研究に従事．情報処理学会会員．

剣持　雪子　（正員）

平 5 千葉大・工・情報卒．平 7 同大大学院工学研究科修士課程了．平 10 同大学院自然科学研究科博士後期課程了．同年，北陸先端科学技術大学院大学助手，現在に至る．ディジタル幾何学，ディジタル画像解析，コンピュータビジョンの研究に従事．情報処理学会会員．工博．

小谷　一孔　（正員）

昭 56 長岡技術科学大学・電子機器卒．昭 58 同大大学院修士課程・電気電子システム了．同年，日立製作所・家電研究所入社．平 2 長岡科学技術大学大学院博士後期課程・情報・制御了．同年，同大助手．平 3 同大助教授．同年，北陸先端科学技術大学院大学助教授，現在に至る．画像の高能率符号化，画質の評価モデル，表情解析，CG の研究に従事．IEEE，映像情報メディア学会，日本顔学会各会員．工博．