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

Title	画像の粗さ測度と輪郭情報を用いた顔画像の特徴抽出
Author(s)	高橋,公生; 小谷,一孔
Citation	情報処理学会研究報告 : コンピュータビジョンとイメージメディア, 98(26): 57-64
Issue Date	1998-03
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/3297
Rights	社団法人 情報処理学会, 高橋公生／小谷一孔, 情報処理学会研究報告 : コンピュータビジョンとイメージメディア, 1998(26), 1998, 57-64. ここに掲載した著作物の利用に関する注意: 本著作物の著作権は（社）情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。 The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IPSJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IPSJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IPSJ if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof. All Rights Reserved, Copyright (C) Information Processing Society of Japan.
Description	

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

コンピュータビジョンと
イメージメディア 110－8
（1998．3．19）

画像の粗さ測度と輪郭情報を用いた顔画像の特徴抽出

高橋 公生　　小谷 一孔
北陸先端科学技術大学院大学　情報科学研究科

〒 923-1292 石川県能美郡辰口町旭台 1-1
0761-51-1699 （内線 1384）
kimio@jaist.ac.jp　　ikko@jaist.ac.jp

あらまし　顔画像から表情情報を抽出するため、Blanket-Covering 法によって顔画像の粗さ測度を Hausdroff 次元として求めて領域分割・統合し、領域分割結果から Global Facial Model を用いて顔部品領域を抽出する手法について検討した。また、表情情報として顔部品のパラメトリックな輪郭モデルについて検討し、表情情報を精度良くとらえるための特徴点の配置方法について示した。

キーワード　表情、顔画像、画像の粗さ測度、Grobal Facial Model

Feature Extraction for Facial Expression Analysis using Image Pattern Complexities and Parametric Model of Facial Edges

Kimio TAKAHASHI　　Kazunori KOTANI
Graduate School of Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

1-1 Asahidai, Tatsunokuchi-machi, Nomi-gun, Ishikawa, 923-1292, Japan
0761-51-1699 (ext.1384)
kimio@jaist.ac.jp　　ikko@jaist.ac.jp

abstract　This paper describes a method of feature extraction as outline image for facial images using image pattern complexities. To extract the fratures, we proposed a method of region segmentation by hausdroff dimention. Which is obtained by blanket covering method. Then, specify a sort of region using global facial model and get partial images of facial parts (eye and mouth). This paper also shows parametric model of facial part edges and distribution of feature point on the model for extraction of facial expressions.

key words　facial expressions, facial images, image pattern complexities, Global Facial Model

1 はじめに

表情認識におけるヒトの注視点の分布を調べるためにアイマークレコーダを用いて異なる表情画像で視点停留点を測定したところ、目と口に集中する傾向がみられた [1]。これは、日頃我々は人と対面してコミュニケーションする歳に、相手の目や口の特徴から心理的な意図を得ようとする経験的な知識と一致する。

また、心理学の分野において、表情情報は顔部品の輪郭形状が示す形態的特徴（眉・目・口の湾曲度、眉・まなじりの持ち上がり）に現れることが実験的に示されている [2]。

このため、本報告では図1に示すように、顔画像から目、鼻、口といった顔部品を、顔画像の領域分割と Global Facial Model(GFM) を用いて抽出し、その輪郭構造をパラメトリックモデルに基づいて解析し、表情情報を抽出するアプローチをとる。

特に、顔画像の大きさや回転などの影響を受けにくい、Hausdroff次元値による、画像の粗さ測度に基づいた領域分割手法を用いることにより、画像の正規化なしでも良好な精度が得られる表情情報抽出を目指す。

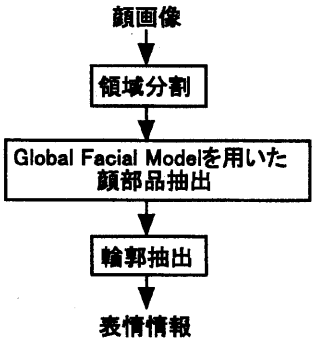

図 1: 本研究での表情情報抽出のアプローチ

2 顔画像の領域分割

顔画像から顔部品を抽出するために、テンプレートマッチングや色情報を用いる手法等が提案されているが、テンプレートの内容を動的に変えない限り、対象の変化 (個人性、表情) に対応できない。また色情報を用いる場合、目や眉、その他不要要素が区別できないため、頭部の回転に対して正規化が必要である。

本報告では、顔部品抽出のために画像の粗さ測度を用いて分割する手法を用いる [4]。これにより、対象の回転や移動に対して正規化が不要となる。本報告では、これらの特徴を有する画像の粗さ測度として Hausdroff 次元を用いる。

2.1 Hausdroff 次元の算出

本報告では、Peleg らによって提案されている Blanket-Covering 法 [3] により Hausdroff 次元値を計算する。Blanket-Covering 法は、スケール s の変化に対する画像曲面の面積の変化 $A(s)$ を求め、式 (1) によって Hausdroff 次元 Dを求める。

$$A(s) = Ks^{2-D} \quad (K : const) \tag{1}$$

$A(s)$ は、画像サイズを w、スケールを s とするとき、上面 U_sと下面 L_sによって構成される膜の体積の変化から以下のように帰納的に求める。

$$U_0(x,y) = L_0(x,y) = f(x,y) \tag{2}$$

$$U_s(x,y) = \max[U_{s-1}(x,y)+1, \max_{|(l,m)-(x,y)|=1}\{U_{s-1}(l,m)\}] \tag{3}$$

$$L_s(x,y) = \min[L_{s-1}(x,y)+1, \min_{|(l,m)-(x,y)|=1}\{L_{s-1}(l,m)\}] \tag{4}$$

$$A(s) = \frac{1}{2s}\sum_{x,y\in w}[U_s(x,y) - L_s(x,y)] \tag{5}$$

2.2 領域分割・統合アルゴリズム

2.2.1 分割

quad-tree アルゴリズム (図 2、3) により画像の分割を行う。

(1) 初期設定

- 分割ブロック：$I_i(n)$　(幅：H、高さ V)
  初期値：$I_0(0)$　(原画像)
- 分割閾値：T_s　(s：スケール)
- Hausdroff次元値: $D_i(n)$ (i:i番目のブロック)
- 最小ブロックサイズ：$m \times m$[pixels]
- 総ブロック数：$K(n)$ 初期値：$K(0) = 1$

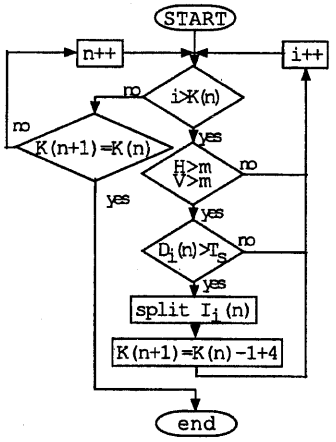

図 2: 分割アルゴリズム

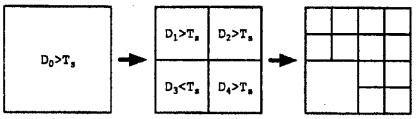

図 3: 領域分割処理

2.2.2 統合

分割の結果、領域が過分割となるため、以下のアルゴリズム (図 4、5) により領域を統合する。

(1) 初期設定

- 統合対象ブロック：ブロックサイズが $m \times m$ で $D_i(n) > T_s$ を満たすブロック
- 統合閾値：T_c
- 統合対象ブロック数：K
- 統合対象フラグ：$f_{Di(n)} = 1$
- $D_i(n)$ の 4 近傍ブロック：$D_j(n)$ $(j = 2, 3, 4, 5)$

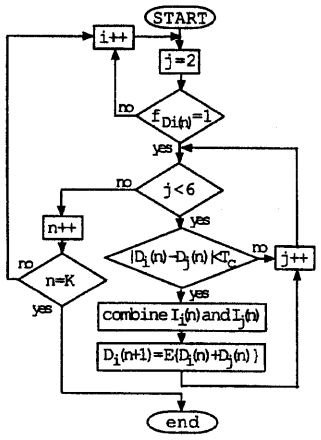

図 4: 統合アルゴリズム

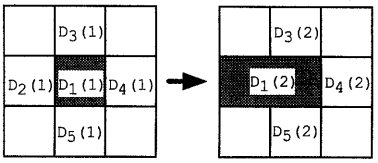

図 5: 領域統合処理

2.3 領域分割実験

顔画像 (1300 × 1600[pixels],256 階調) を領域分割した結果を原画像と共に図 6に示す。各パラメータは、$T_s = 2.0, m = 5, T_c = 0.5$ とした [4]。結果から、目と口の領域が他の領域と独立して分割されている。

また、回転や拡大・縮小へのロバスト性を回転と縮小操作を加えた画像を作成し検討した。その結果 (図 7〜図 14)、回転に対しては影響されず、また両目の内側で 120[*pixels*] 以上の解像度があれば顔部品が独立して分割されることが分かった。

図 6: 領域分割結果 (左：原画像、右：分割結果)

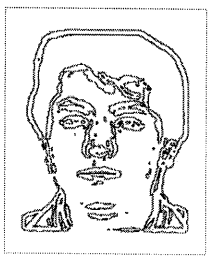

図 7: 領域分割結果 (20[%] 縮小)

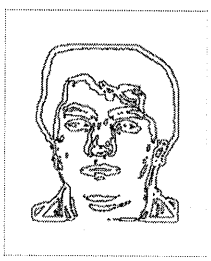

図 8: 領域分割結果 (30[%] 縮小)

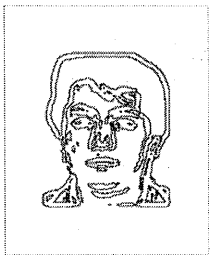

図 9: 領域分割結果 (40[%] 縮小)

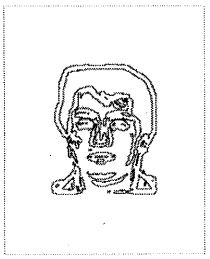

図 10: 領域分割結果 (50[%] 縮小)

図 11: 領域分割結果 (45[deg] 回転)

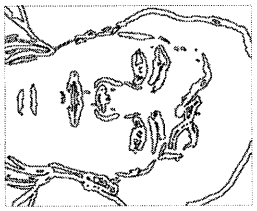

図 12: 領域分割結果 (90[deg] 回転)

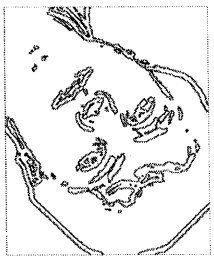

図 13: 領域分割結果 (135[deg] 回転)

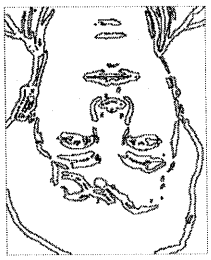

図 14: 領域分割結果 (180[deg] 回転)

3 Global Facial Model を用いた顔部品抽出

領域分割の結果、目的とする顔部品以外に頭髪や衣類等の不要領域が存在する。次に、分割結果から Global Facial Model を用いて顔部品領域を抽出する手法について述べる。

3.1 Global Facial Model

Global Facial Model(GFM) [5] は、顔部品の配置に関するトポロジカルなモデルである。一般には顔部品以外に、顔の輪郭等も含んでいるが、本報告では目と口領域の抽出を目的としていることから、目と口のみをモデルの構成要素とする。顔画像の領域分割の結果、目、口領域の形状が顔部品のおおよその大きさと位置を反映しているため、GFM を用いることによって顔部品領域抽出が可能となる。

3.2 顔部品の位置関係の測定

まず、GFM を構成するために顔部品の位置・大きさの関係を求める。図 15に示す基準点を手作業で求めた。対象は 20 代の男性 19 名、女性 6 名で、無表情の顔画像に対して測定した。

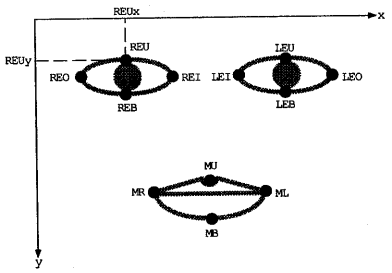

図 15: 顔部品大きさ・位置関係測定のための基準点

次に、顔部品の大きさと位置関係を図 16に示すパラメータを用い、式 (6)~式 (20) によって求めた。表 1にそれぞれの値を示す。表 1では、左右それぞれの目の中心間の距離 (図 16 a) を基準とし、それに対する比率を示している。

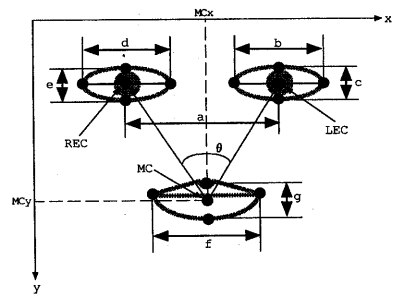

図 16: 顔部品大きさ・位置関係のパラメータ

$$REC_x = 1/2(REI_x - REO_x) \quad (6)$$

$$REC_y = 1/2(REU_y - REB_y) \quad (7)$$

$$LEC_x = 1/2(LEO_x - LEI_x) \quad (8)$$

$$LEC_y = 1/2(LEU_y - LEB_y) \quad (9)$$

$$MC_x = 1/2(ML_x - MR_x) \quad (10)$$

$$MC_y = 1/2(MU_y - MB_y) \quad (11)$$

$$d(p1,p2) = \sqrt{(p1_x - p2_x)^2 + (p1_y - p2_y)^2} \quad (12)$$

$$a = d(REC, LEC) \quad (13)$$

$$b = d(LEI, LEO) \quad (14)$$

$$c = d(LEU, LEB) \quad (15)$$

$$d = d(REU, REB) \quad (16)$$

$$e = d(REU, REB) \quad (17)$$

$$f = d(ML, MR) \quad (18)$$

$$g = d(MU, MB) \quad (19)$$

$$\theta = 180 - \tan^{-1}\frac{(MC_y - REC_y)}{(MC_x - REC_x)} - \tan^{-1}\frac{(MC_y - LEC_y)}{(LEC_x - MC_x)} \quad (20)$$

表 1: 顔部品の大きさ・位置関係

	a	b	c	d	e
平均	1	0.450	0.150	0.446	0.146
分散 ($\times 10^{-2}$)	0	0.046	0.088	0.063	0.092
最小	1	0.409	0.094	0.397	0.082
最大	1	0.506	0.206	0.508	0.190

	f	g
平均	0.446	0.146
分散 ($\times 10^{-2}$)	0.063	0.092
最小	0.397	0.082
最大	0.508	0.190

	θ
平均	48.01
分散	9.70
最小	43.76
最大	54.34

3.3 領域設定

領域分割の結果得られた領域に対しGFMを適用するため、分割領域に対し、その大きさと位置を設定する。分割された領域を内包する矩形領域を考え、中心から矩形の頂点までの長さを領域の大きさとし、それを半径とする円形領域を対象領域とした（図17)。実際には処理の簡単のために、円形領域を内包する正方形領域を用いる。

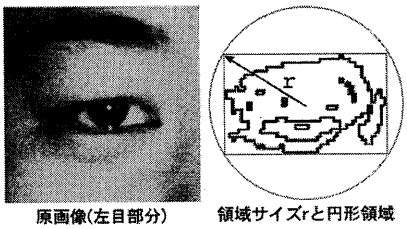

図 17: 分割領域からの顔部品抽出対象領域の決定

3.4 GFMの設計

本報告で用いる顔部品(目、口)の大きさ、位置関係を図18に示し、設定したパラメータを式(21)～式(23)に示す。それぞれの値の範囲は、測定の結果得られた最小値と最大値を含む範囲とした。パラメータはerを基準として示している。

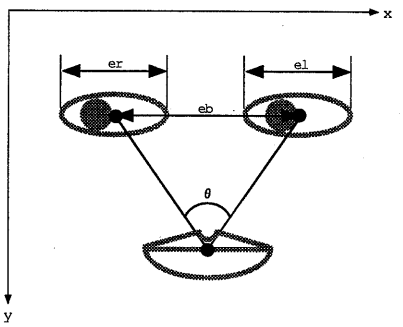

図 18: 顔部品大きさ・位置関係

$$0.9er \leq el \leq 1.1er \quad (21)$$

$$2.0er \leq eb \leq 3.0er \quad (22)$$

$$40 \leq \theta \leq 60 \quad (23)$$

以上から求められたGFMを用い、顔部品領域の抽出を行う。

3.5 目領域候補ペア抽出

GFMに合致する目領域候補は2つの領域がペアとなる。目領域候補ペアは大きさと位置関係がGFMに合致するものを抽出するため、複数存在することが考えられる。

目領域候補ペアは、顔部品候補領域からGFMに合致する領域の組み合わせを求め、さらに、それらが複数存在する場合は、2つの領域のHausdroff次元値の2乗誤差を求め、小さい順に「目領域ら

しい」として出力する。目領域の推定処理の流れを図19に示す。

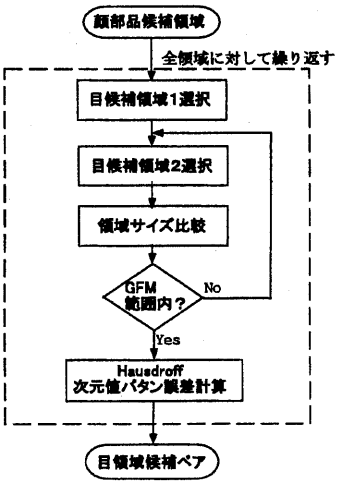

図 19: 目領域候補ペア抽出処理の流れ

3.6 口領域抽出

次に、顔部品候補領域から口領域候補を抽出する。口領域は、目領域候補ペアの大きさと位置のパラメータを GFM に与え、その結果、得られる範囲に口領域が存在するか否かをチェックし、領域が存在した場合、それらを顔部品として出力する。そして「目領域らしさ」の最も高いものを最終的な顔部品として出力する。

口領域抽出処理の流れを図 20に示す。

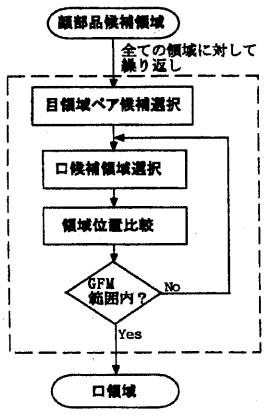

図 20: 口領域候補推定処理の流れ

3.7 顔部品抽出実験

これまでに示した領域抽出手法を用い、２０代の男性３名、女性２名の無表情２種類、笑い、怒り、悲しみ、合計２５枚の表情画像に対して顔部品の抽出を行った。抽出結果を表 2に示す。

表 2: 顔部品抽出結果

人物	目領域ペア抽出成功数 [枚]	目＆口抽出成功数 [枚]
人物 1	4	3
人物 2	3	2
人物 3	3	3
人物 4	4	3
人物 5	3	2
表情	目領域ペア抽出成功数 [枚]	目＆口抽出成功数 [枚]
無表情 1	4	3
笑い	1	1
怒り	4	3
悲しみ	3	3
無表情 2	5	4

4 顔部品画像の輪郭モデル

本報告では、例として目の部分を対象に表情特徴の抽出を行う。

4.1 目の部分の輪郭画像と表情の違いによる特徴

始めに、５名、４表情（無表情、笑い、悲しみ、怒り）の合計２０枚の顔画像を対象に、左目の輪郭線を手作業で抽出した。図 21～図 24に１名分の輪郭線の例を示す。

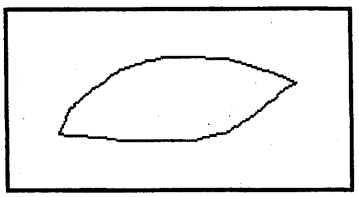

図 21: 抽出した輪郭線 (左目、無表情)

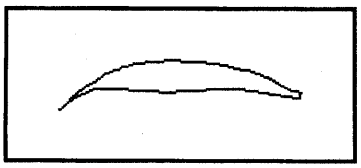

図 22: 抽出した輪郭線 (左、笑い目)

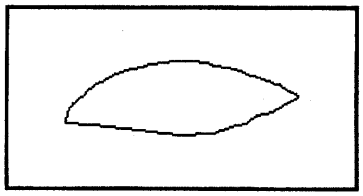

図 23: 抽出した輪郭線 (左目、悲しみ)

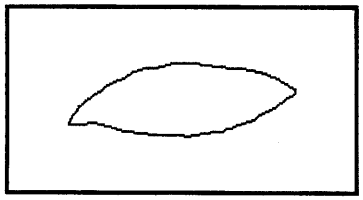

図 24: 抽出した輪郭線 (左目、怒り)

次に、表情間の目の変形を求めるため、特徴点を設定して変位を求めた。特徴点は、目の両端を基準点とし、50個の特徴点を基準点間にて等間隔となるよう設定した。

以上で定めた特徴点を用い、5名の輪郭線から特徴点を抽出した。特徴点の変位は左目の内側 (画像左側) の基準点を原点とし、それぞれの特徴点の基準点との相対位置によって求める。表情別に平均した特徴点位置の分散を図25に示す。グラフから、目の中心付近に分散が高く、表情間の位置が比較的大きく異なっている。

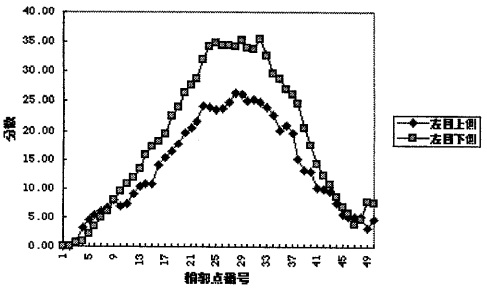

図 25: 特徴点の表情変化における位置の分散

4.2 パラメトリックな目の部分の輪郭モデル

次に、表情間の輪郭線の変形度を考慮した、パラメトリックな目の部分の輪郭モデルを構成した。モデルは特徴点の位置の分散が大きな部分に、より多くの特徴点を配置することによって構成する。本報告では、各特徴点の分散の合計 Vを求め、特徴点の個数 n で除した分散 $v = V/n$ を求め、分散の最高点に対応する特徴点を中心に分散の累積が vに等しくなるよう区間を設定し、それぞれの区間の中心に特徴点を設定した ($n = 10$)。

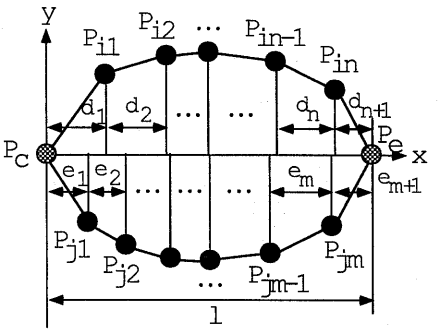

図 26: 目の輪郭モデル

モデルでは、基準点 P_c、P_eの位置を与え、式(25)(26) に従って各特徴点の x 座標における位置を与える。また $a_i b_i$は表3、4に示す値とした。

$$l_m = P_{cx} - P_{ex} \tag{24}$$

$$d_u(i) = l_m \times a_i \tag{25}$$

$$d_b(i) = l_m \times b_i \tag{26}$$

表 3: 特徴点の位置における比率

ai	a1	a2	a3	a4	a5
	0.14	0.16	0.08	0.08	0.06
ai	a6	a7	a8	a9	a10
	0.04	0.06	0.08	0.1	0.14

表 4: 特徴点の位置における比率

bi	b1	b2	b3	b4	b5
	0.1	0.16	0.1	0.08	0.06
bi	b6	b7	b8	b9	b10
	0.06	0.06	0.08	0.12	0.1

4.3 表情情報の抽出例

以上で構成したモデルを用い、手作業で抽出した輪郭線からパラメータを与えた結果を用いて、表情の判別を行った。表情は4名のそれぞれの表情におけるモデル形状を平均し、1名の各表情におけるモデル形状との類似度を単純類似度法を用いて計算した。

判別結果を図5に示す。表より、悲しみに対して怒りの類似度が高くなっているものの、笑い、怒りではそれぞれ入力に対する類似度が1位となっている、これから、本報告で構成したモデルにより、良好な表情判別が期待できる。

表 5: 表情間類似度

	笑	悲	怒
笑	0.924	0.516	0.662
悲	0.769	0.234	0.881
怒	0.776	0.474	0.970

5 まとめ

本報告では、顔画像から表情情報を抽出するため、画像の粗さ測度による領域分割を行い、さらに Global Facial Model を用いて顔部品領域を抽出することにより、画像に対する正規化を行わなくても顔部品領域を良好に抽出できることを示した。

また、顔部品のパラメトリックな輪郭モデルとして目のモデルを取りあげ、表情情報を抽出するのに適した特徴点の配置方法を検討した。加えて、試みとして表情識別について適用し、識別精度について検討した。

今後の課題として、得られた顔部品からモデルの各パラメータを与えるための輪郭抽出方法の検討と、輪郭抽出での一部欠損等の補正方法の検討を考えている。

謝辞 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。

参考文献

[1] 高橋 公生：" Global Facial Model と画像の粗さ測度に基づく表情顔画像からの表情情報抽出に関する研究 " JAIST 修士論文 (1998)

[2] 吉川 佐紀子, 益谷 真, 中村 真：" 顔と心-顔の心理学入門- " サイエンス社 (1993)

[3] S.Peleg, J.Naor, R.Hartly, and D.Avnir： " Multiple Resolution Texture Analysis and Classification " IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. PAMI-6, no.4, pp.518-523 (1984)

[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 " 信学会技術報告 CS96-135,IE96-104 (1996)

[5] Xinguang SONG, Chil-Woo LEE, Gang XU, 辻 三郎：" 部分特徴テンプレートとグローバル制約による顔器官特徴の抽出 " 信学会論文誌 D-2,Vol.J77-D-2, No.8, pp.1601-1609 (1994)