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

Title	顔部品画像のモルフォロジー解析と個人識別
Author(s)	北田,基樹; 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(5): 65-72
Issue Date	1998-01
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/3299
Rights	社団法人 情報処理学会, 北田基樹／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(5), 1998, 65-72. 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 109－9
（1998．1．23）

顔部品画像のモルフォロジー解析と個人識別

北田基樹　　小谷一孔
北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
〒923-12 石川県能美群辰口町旭台 1-1
0761-51-1699(内線 1384)
kitada@jaist.ac.jp　　ikko@jaist.ac.jp

あらまし

顔画像による個人識別は、ヒューマンコミュニケーションやセキュリティー等の分野において、人に与える負担が少ない手法として注目されている。本稿では、特にコミュニケーションへの適用を前提とした表情変化や髪の影響に対してロバストな個人識別手法として、顔部品画像のモルフォロジー解析による個人識別について述べる。顔画像を顔部品画像に分けることにより、どの顔部品が表情変化や髪の影響に強いか、個人性が大きいかを分析し、個人識別に有効な顔部品を決定する。また、顔部品の３次元距離画像を用いることにより、照明や回転の影響に強い個人識別手法を提案する。

キーワード：個人識別、ヒューマンコミュニケーション、顔画像、モルフォロジー解析

Face Identification Based on Morphology Analysis of Face Image

Motoki Kitada　　Kazunori Kotani
Graduate School of Information Science,Japan Advanced Institute of Science and Technology
1-1 Asahidai,Tatsunokuchi-machi,Nomi-gun,Ishikawa,923-12,Japan
0761-51-1699(ext.1384)
kitada@jaist.ac.jp　　ikko@jaist.ac.jp

Abstract

The personal identification using a face image for cecurity and human communication is being watched with lighten the burden impose on people. This paper describes to use parts of a face image for the personal identification. We analyze individuality of parts of a face and effect of expression, and decide on more effective parts of a face for the personal identification. This paper also shows the personal identification using three dimensions distance of a face using morphological analysis. This method can extract quantity of feature of parts of face image based on the spectra.

Key Words:personal identification,human communication,face image, morphological analysis

1 はじめに

顔画像を用いた個人識別手法 [2] は、(1) 顔部品 (目や口等) の形状、位置関係を特徴量とするもの、(2) 顔全体の濃淡値等を特徴量とするもの等が考えられているが、髪や表情の影響を受けやすく、高い精度で安定的に個人を識別するのは困難であった。

そこで、本稿では、どの顔部品が表情変化や髪の影響に強いか、個人性が大きいかを、濃淡画像と距離画像について分析し、個人識別に有効な顔部品を決定する。また、モルフォロジー演算によるパターンスペクトルを用いて、顔部品画像の特徴解析を行ない個人識別をする手法を提案する。パターンスペクトルを用いる利点は、a. 画像の濃淡値や距離を直接特徴量とすることができる。b. 移動、回転、ノイズに強い、c. 論理演算の組合せのみで求まるという点が挙げられる。

2 顔部品画像の構造的特徴の分析

2.1 顔部品画像の濃淡パターンの類似性

鼻画像の濃淡パターンの類似性を解析したところ、鼻には個人性があり、表情の影響を受けにくいことが明らかとなった [1]。しかしながら、他の顔部品の特性との比較は行っていない。本稿では、目、鼻、口画像の濃淡パターンの類似性を調べ、比較した。

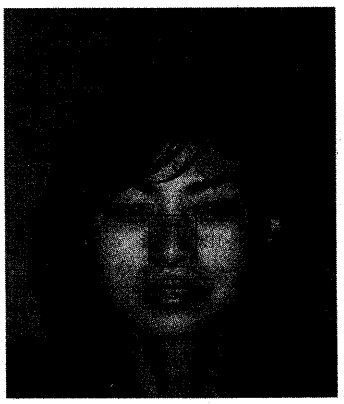

図 1: 顔部品画像の切り出し方法

実験に用いた画像は、10 人の 6 表情 (無表情、笑い、口を開く、目を閉じる、悲しみ、怒り) の顔画像 (1500 × 1800[pixels]、256 階調) から、各顔部品を手動で切り出したもので (図 1)、画像サイズをそろえるため、切り出した目、鼻、口画像を、それぞれ、220 × 100[pixels]、240 × 280[pixels]、340 × 220[pixels] の輝度値が 0 の画像の中心に貼りつけた。その後、濃淡値の平均を 0 に正規化し、正規化相互相関を次式により求めた。結果を表 1,2 に示す。

$$a^2(f,g) = \frac{\left(\sum_{i=0}^{I}\sum_{j=0}^{J} f(i,j) \times g(i,j)\right)^2}{\sum_{i=0}^{I}\sum_{j=0}^{J} f^2(i,j) \times \sum_{i=0}^{I}\sum_{j=0}^{J} g^2(i,j)} \quad (1)$$

2.2 顔部品画像の個人性

表 1 は、無表情時の異なる人物間の相関を示している。表 1 より、個人間の相関が最も低かったのは目画像で、鼻画像、口画像の順に相関が高くなった。目画像が最も個人性を有しているが、鼻画像や口画像についても、相関は低い値を示しており、個人性があるといえる。

表 1: 異なる人物間での濃淡パターンの相関

	正規化相互相関		
	目画像	鼻画像	口画像
最小値	0.014	0.165	0.137
最大値	0.861	0.857	0.861
平均値	0.400	0.456	0.523

2.3 顔部品画像の表情による影響

表 2 は同一人物で表情が異なるときの相関を示している。表 2 より、同一人物で表情が異なった場合の相関は、(1) 目画像：どの表情においても相関が低い、(2) 鼻画像：どの表情においても相関が高い、(3) 口画像：口が開くと相関が低い、となった。このことから、最も表情による影響が少ないのは、鼻画像であるといえる。

表 2: 無表情と他の表情のときの顔部品画像の濃淡パターンの相関

	正規化相互相関								
	目画像			鼻画像			口画像		
表情	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値
無表情	0.709	0.889	0.800	0.804	0.912	0.853	0.746	0.962	0.864
笑い	0.466	0.929	0.715	0.540	0.870	0.727	0.320	0.786	0.591
悲しみ	0.445	0.814	0.616	0.758	0.957	0.862	0.685	0.895	0.838
怒り	0.555	0.853	0.706	0.729	0.937	0.813	0.240	0.972	0.799
口を開く	0.365	0.811	0.700	0.716	0.930	0.865	0.027	0.654	0.421
目を閉じる	0.227	0.729	0.488	0.680	0.959	0.887	0.745	0.996	0.875

2.4 顔部品の 3 次元距離画像

レーザーレンジファインダ[1]を用いて、顔の 3 次元距離を測定した。図 2 は、カメラからの距離、顔の向き、位置を正規化し、シェーディングしたものである。この図を見ると黒目、鼻の穴、髪等の黒い部分や、エッジの部分に誤差が発生していることがわかる。特に目や口は奥行きの変化がもともと小さいので、誤差によってかなり情報が損なわれている。鼻は奥行きの変化が大きく、また緩やかに変化するため、鼻の穴の周辺を除けば、もとの鼻の形状がよく現れている。

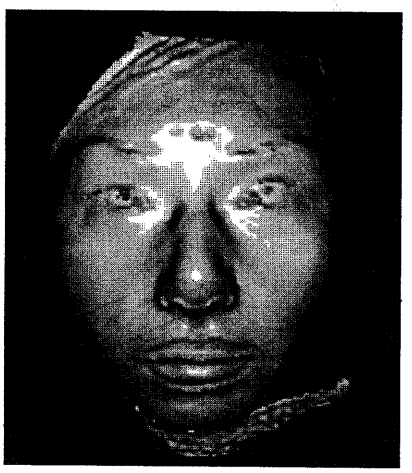

図 2: 顔距離画像

[1]VIVID 700
NON-CONTACT 3D DIGITIZER
ミノルタ株式会社

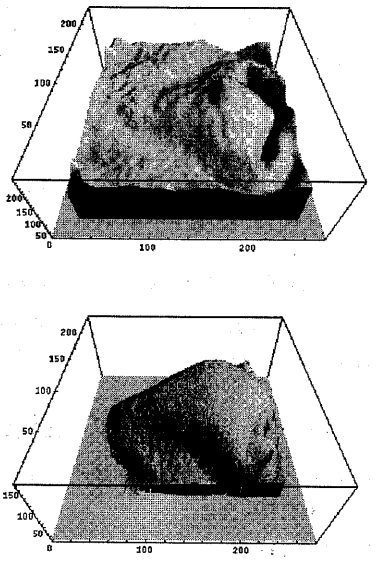

図 3: 鼻画像 (上：濃淡画像、下：距離画像)

従って本稿では、前節の鼻画像が個人識別に有効であることと、距離データが良くとれることから、鼻の距離画像と濃淡画像を用いて個人識別を行なう。図 3 に鼻の距離画像と濃淡画像を 3 次元曲面として可視化したものとを示す。図より、鼻の濃淡画像は相対的な鼻の形状は表しているが、全体的に平坦であり、鼻の頂点やエッジ付近で急激に値が変化している。それに対して距離画像では、鼻の高さがよく現れている。しかし、鼻の穴付近は実際の鼻の形状と異なっている。

3 モルフォロジーによる特徴解析

3.1 パターンスペクトル

濃淡値、奥行きのパターンを解析するために、モルフォロジーによるパターンスペクトルを用いる。パターンスペクトル $PS_f(s,g)$ は、基本となる構造要素が原画像をどの程度表現しているかの分布を表したものであり、*dilation*, *erosion*, *opening*により定義される。

dilation :

$$(f \oplus g)(x,y) = \max_{\substack{x-u\in X, y-v\in Y \\ u\in U, v\in V}} \{f(x-u,y-v)+g(u,v)\} \tag{2}$$

erosion :

$$(f \ominus g)(x,y) = \max_{\substack{x+u\in X, y+v\in Y \\ u\in U, v\in V}} \{f(x+u,y+v)-g(u,v)\} \tag{3}$$

opening :

$$f_{sg}(x,y) = [(f \ominus sg) \oplus sg](x,y) \tag{4}$$

$$sg(u,v) = \underbrace{g(u,v) \oplus g(u,v) \oplus \cdots \oplus g(u,v)}_{s} \tag{5}$$

patternspectra :

$$PS_f(s,g) = S[f_{sg}(x,y) - f_{(s+1)g}(x,y)] \tag{6}$$

ここで、s:構造要素のスケール、g:構造要素 f_{sg}:opening、$S[]$ は、[] 内の値の総和を表す。

3.2 パターンスペクトルの特徴量

パターンスペクトルの特徴を表すものとして、以下のものが挙げられる。

(1) エントロピー

パターンスペクトルの分布を表すもので、次式により定義される。

$$H(f/g) = -\sum_{s=0}^{S} p(s,g) log[p(s,g)] \tag{7}$$

$$p(s,g) = \frac{PS_f(s,g)}{A(f)} \tag{8}$$

$$A(f) = \sum_{s=0}^{S} PS_f(s,g) \tag{9}$$

(2) 平均サイズ

構造要素の平均サイズを示すもので、次式により定義される。

$$\overline{s}(X/B) = \sum_{s=0}^{S} sp(s) \tag{10}$$

(3) パターンスペクトルの形状

パターンスペクトルの変化を一つのパターンとみなしその相関を用いる。

本稿では、パターンスペクトルの大きな変化を解析するために、エントロピーや平均サイズを用い、細かな変化を解析するためにパターンスペクトルの正規化相互相関を用いる。

3.3 構造要素の決定

先行研究 [1] において、顔部品画像のパターンスペクトルを求めるための構造要素は、$g(u,v)$=0 の正方型の平坦な構造要素を用いていた。しかし、この構造要素では、図 4 上に示すようなパターンのパターンスペクトルは同じものとなる。従って本稿では、図 5 に示すような構造要素を用いることにより、輝度 (距離) 勾配の違いを識別できるようにした (図 4 下)。

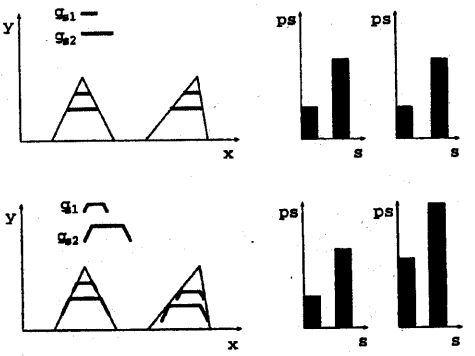

図 4: 構造要素とパターンスペクトル

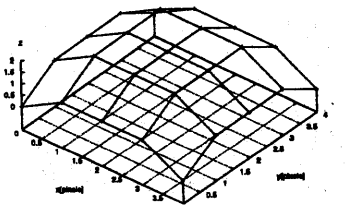

図 5: 構造要素

4 個人識別実験

4.1 鼻濃淡画像のパターンスペクトル

実験に用いた画像は、2.1節の正規化相互相関を求めるときに使った画像と同じ物であり、輝度値$=f(x,y)$として、パターンスペクトルを求めた。図6に、図5の構造要素をスケール45(185×185[pixels]) まで変化させたときの鼻濃淡画像のopening画像、図7、8に鼻濃淡画像のパターンスペクトルと、その一部を拡大した図を示す。

図6より、構造要素のスケールが小さいときは、鼻の細かな特徴部分が削られ、スケールが大きくなるにつれ、鼻の概形部分が削られていくことがわかる。概形部分を削る時、鼻の穴に構造要素が引っかかるため、実際の鼻の概形より、小さく削られてしまう。

図7は人物が異なったときのパターンスペクトルを示しており、人物が異なったときにパターンスペクトルの変化に違いが生じる。図8は、同一人物の異なる表情のときのパターンスペクトルを示しており、表情が変わったときにもよく似た変化をする。この変化を定量化し個人識別を行う。

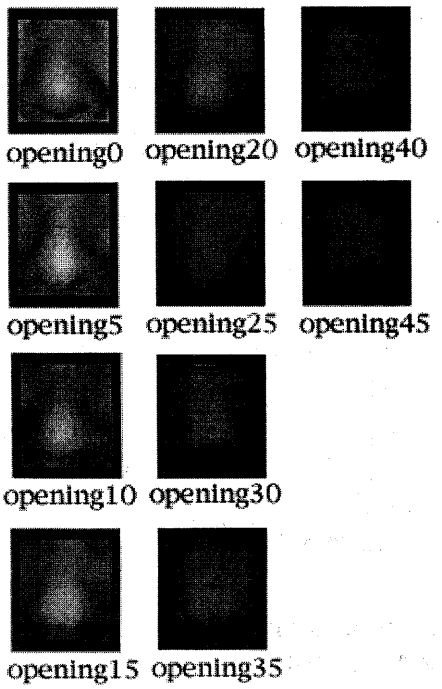

図6: 鼻濃淡画像のopening画像

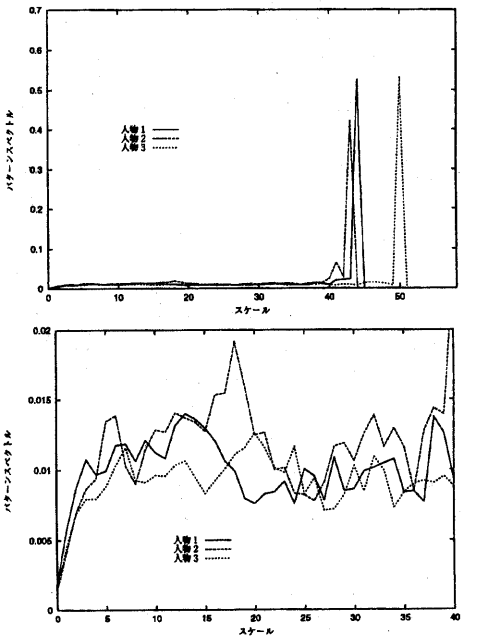

図7: 鼻濃淡画像のパターンスペクトル(異なる人物、上：全体、下：一部)

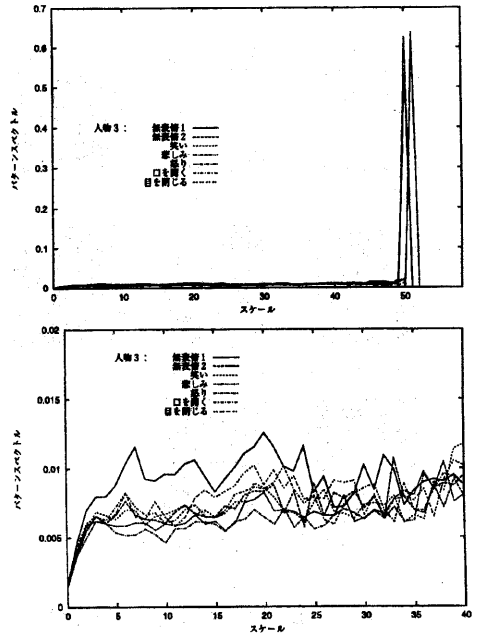

図8: 鼻濃淡画像のパターンスペクトル(異なる表情、上：全体、下：一部)

4.2 鼻距離画像のパターンスペクトル

実験に用いた画像は、レーザーレンジファインダにより、濃淡画像の時と同一の10人の顔の3次元距離を測定し、カメラからの距離、顔の向き、顔の位置を正規化し、スムージングを行った後、鼻の部分を240 × 280[pixels]で切り出し、z軸方向の距離データを256階調に量子化したものである。その値を $f(x,y)$ として、パターンスペクトルを求めた。図9に、図5の構造要素をスケール35(145 × 145[pixels])まで変化させたときの鼻距離画像のopening画像、図10、11に鼻距離画像のパターンスペクトルと、その一部を拡大した図を示す。

図9より、鼻距離画像のopening結果は、鼻濃淡画像のときに比べ、鼻の穴や鼻以外の部分の影響が少なく、鼻の高さが削られていく様子がよくわかる。

図10、11より、鼻距離画像のパターンスペクトルも鼻濃淡画像の時と同様に、個人間で異なり、同一人物の異なる表情では似た傾向を示した。このことを定量化し個人識別を行う。

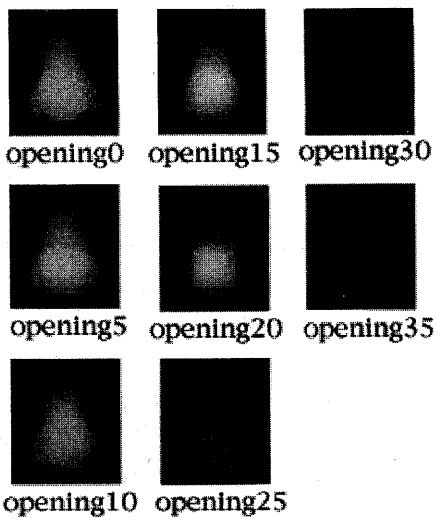

図 9: 鼻距離画像の opening 画像

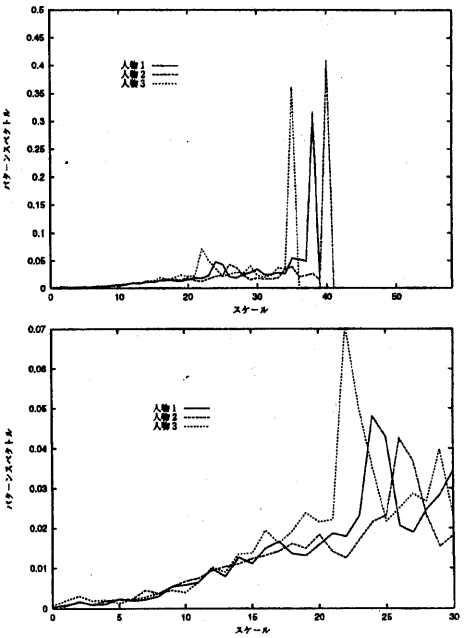

図 10: 鼻距離画像のパターンスペクトル (異なる人物、上：全体、下：一部)

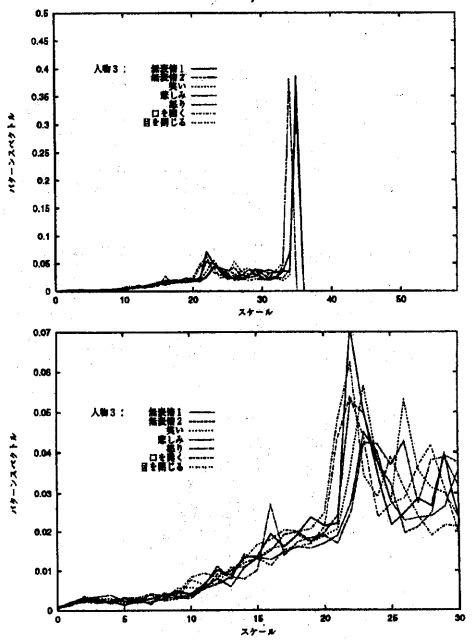

図 11: 鼻距離画像のパターンスペクトル (異なる表情、上：全体、下：一部)

5 パターンスペクトルによる個人識別

5.1 個人識別実験の方法

パターンスペクトルの特徴を用いて個人識別実験を行った。実験の手順を以下に示す。

(1) 10 人の無表情時の鼻画像のパターンスペクトルのエントロピーを辞書とし、同じ 10 人の 6 表情時の鼻画像のエントロピーと比較し、値の近いものから順位を付ける

(2) (1) と同様の操作を平均サイズについて行う

(3) (1) と (2) から得た順位を合計し、その結果に順位を付ける (表 3、5)

(4) 10 人の無表情時の鼻画像のパターンスペクトルを辞書とし、同じ 10 人の 6 表情時の鼻画像のパターンスペクトルとの正規化相互相関を、構造要素のスケールが平均サイズと同様になるところまでのパターンスペクトルを用いて求め、相関の大きいものから順位を付ける

(5) (3) と (4) の順位を合計し、その結果に順位を付ける。同一順位に複数の鼻画像が選ばれた時は、(4) の順位を優先する (表 4、6)

エントロピーと平均サイズは、パターンスペクトルの大局的な特徴を表すため、パターンスペクトルの形状によっては、どちらか一方だけが、辞書に近い値を持つ場合が発生する。その曖昧さを低減するため本稿では、よく似た傾向のパターンスペクトルは、エントロピーと平均サイズがともに辞書に近い値を持つと考え、エントロピーと平均サイズの合計順位をパターンスペクトルの特徴量とした。また、パターンスペクトルの形状を直接識別するために正規化相互相関を用いた。ただし、正規化相互相関は位置ずれに弱く、構造要素が大きくなったときに相関がかなり低くなるため、平均サイズと同様の大きさまでの構造要素によるパターンスペクトルを用いて正規化相互相関を求めた。表3~6 に結果を示す。

表 3: 鼻濃淡画像の識別率 (エントロピー&平均サイズ)

	識別率 (%)					
表情	1位	2位	3位	4位	5位	合計
無表情	40	30	10	10	10	100
笑い	30	30	10	0	10	80
悲しみ	80	0	10	0	0	90
怒り	50	30	10	0	0	90
口を開く	60	10	20	0	0	90
目を閉じる	60	10	20	10	0	100

表 4: 鼻濃淡画像の識別率 (エントロピー&平均サイズ&正規化相互相関)

	識別率 (%)					
表情	1位	2位	3位	4位	5位	合計
無表情	70	20	10	0	0	100
笑い	50	10	10	10	20	100
悲しみ	60	10	0	0	10	80
怒り	60	10	0	0	0	70
口を開く	50	20	0	10	0	80
目を閉じる	60	20	10	0	0	90

表 5: 鼻距離画像の識別率 (エントロピー&平均サイズ)

	識別率 (%)					
表情	1位	2位	3位	4位	5位	合計
無表情	30	20	40	0	10	100
笑い	40	10	40	10	0	100
悲しみ	30	30	30	0	0	90
怒り	30	30	20	20	0	100
口を開く	80	10	0	10	0	100
目を閉じる	50	10	20	10	0	90

表 6: 鼻距離画像の識別率 (エントロピー&平均サイズ&正規化相互相関)

	識別率 (%)					
表情	1位	2位	3位	4位	5位	合計
無表情	60	20	10	0	10	100
笑い	60	10	10	0	10	90
悲しみ	50	20	0	20	10	100
怒り	70	0	20	0	0	90
口を開く	70	30	0	0	0	100
目を閉じる	70	10	20	0	0	100

5.2 個人識別実験の結果

表3、5より、パターンスペクトルのエントロピーと平均サイズを用いた結果、1位になる確率は、やや低いもののほとんどの鼻画像が上位に入った。このことから、エントロピーと平均サイズを用いることで、鼻画像の大局的な特徴が識別できることがわかった。表4、6より、パターンスペクトルの正規化相互相関を、識別のための特徴量として加えることにより、全体的に1位になる確率が上がった。このことから、正規化相互相関を用いることにより、さらに細かな鼻画像の特徴が識別できることがわかった。

鼻濃淡画像、鼻距離画像ともに最終的な識別率は、どの表情の鼻画像についても、1位になる確率で50％以上、5位までで70％以上となり、鼻画像が表情の影響を受けにくいことがわかった。全体的な識別率では、距離画像のほうが良い結果を得ている。これは、濃淡画像では、照明、回転、カメラからの距離にばらつきが生じた為だと考えられる。部分的な識別率を見ると濃淡画像のほうが良いことがある。これは、濃淡画像では肌の色が濃淡値として表れ、それが個人性を表すからだと考えられる。

6 まとめ

本稿では、目、鼻、口画像の個人性、表情変化による影響を比較することにより、鼻画像が個人性を有し、表情変化に強いことを示した。また、顔の3次元距離を計測した結果、3次元距離情報は目や口より鼻を表すのに適していることが明らかとなった。

これらの結果より、本稿では、鼻の濃淡画像と距離画像を用いて個人識別を行なった。濃淡(距離)変化を解析するため、モルフォロジー演算によるパターンスペクトルのエントロピー、平均サイズ、正規化相互相関を用いて個人識別実験をした結果、表情変化がある場合においても個人を識別することができた。今後は、顔部品の切り出し、回転、大きさの正規化を自動化し、個人識別システムの構築を目指す。また、濃淡画像と距離画像の両方の特徴を融合した個人識別手法について検討を行う。

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] 北田 基樹、小谷 一孔、" 鼻のパターンスペクトルに基づく個人識別"、情報処理学会全国大会 講演論文集 (2),pp.339-340,1997.9

[2] 塩野 充、真田 英彦、" 個人識別技術の最近の研究動向"、電子情報通信学会技術報告 OFS92-17,IE92-49,1992.9

[3] 小畑 秀文 著、" モルフォロジー"、コロナ社、1996

[4] 数藤 恭子、大和 淳司、伴野 明、" モルフォロジー処理によるパターンスペクトルを特徴量に用いた男女識別法"、電子情報通信学会論文誌 D-II,Vol.J80-D-II,No.5,pp.1037-1045,1997.5