

## 顔画像による個人識別の研究(1)

### — 顔画像識別アルゴリズムの概念設計 —

細 貝 康 夫\*

## A Study on Identification of Human Face Profiles (1)

### — Conceptual Design for Algorithm of Human Face Profiles —

Yasuo Hosogai

Noh-mask carver makes an exact duplication of a famous Noh-mask using noh-mask templates which are drawn by reference points and feature parameters of human face profile. The templates have been secretly succeeded by carver's descendants as the knowhow to make Noh-masks. The author interviewed a professional Noh-mask carver to investigate the way of producing Noh-mask templates and found that the templates can represent a human face profile satisfactorily by getting reference points and feature parameters.

This paper proposes conceptual design of new algorithm that applies Noh-mask templates to the identification of human face profile. The procedure of conceptual design consists of input image data, image discrimination from background, sampling of reference points, pattern normalization, sampling of feature parameters, calculation and registration of recognition function and judgment of identification.

#### 1. はじめに

近年、電子商取引の進展に伴い、暗証番号や指紋に代わる個人識別手法の要求が高まってきている。その対応策として、顔画像による個人識別技術の研究が活発に行われてきたが、未だ実用段階に至っていない。これらの研究は、顔の特徴点（顔の幅、両眼の中心線の距離、目と鼻の距離など）をパラメータ化して、その特徴量を使って認識を行う方法や、横顔の輪郭線を波形分析して認識する方法<sup>(1)</sup>、3次元表面形状による方法などの研究が進められ、識別率の向上をめざしている。一般に、顔画像認識は、指紋パターンや眼の網膜パターンを用いた個人識別に比べて認識される側の心理的な抵抗感が少ないという利点や、他にも、詐称・偽造が困難、顔を露出する必要性から犯罪抑止効果が高いなどの利点が多い。

#### 2 研究の特徴と目的

面打師(mask carver)は拒否できない権力者、たとえば豊臣秀吉が能面の名作を召し上げる事態に備え、あらかじめ副品（写し）を用意して本物の代わりに提出したといわれている<sup>(2)</sup>。そのため正副2作（本面と写し）を制作するとともに自分の伝承者に名作を伝えるため、能面制作の写しノウハウである定木（型紙ともいう）<sup>(3)</sup>を秘匿していた。したがって、この型紙は、顔画像の特徴点を的確に把握しているものと推察される。

---

\* 経営工学科

能面制作においては、横顔輪郭線である縦の型紙と額、眼、鼻、口などを輪切りにした横の型紙を用いて顔の特徴点を把握しながら、能面を制作する。これらの縦型と横型の型紙は3次元の顔画像を2次元の平面に抽象化（モデル化）したものであり、これらの型紙を用いて桧材に3次元の立体（能面の写し）を作成する。つまり、精度の高い「能面の写し」を打つことができる。

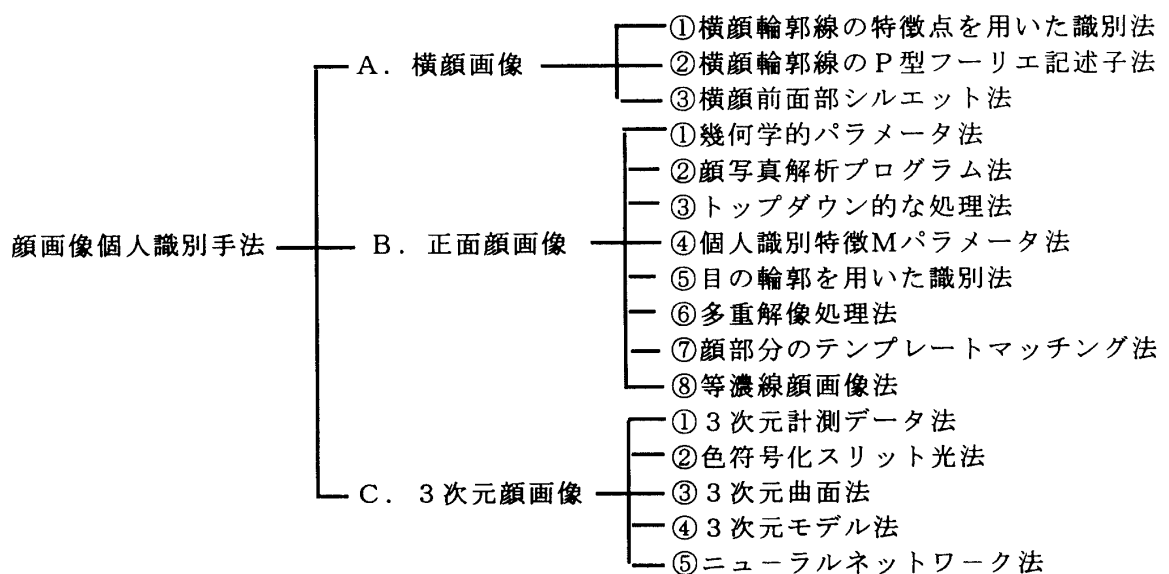
本研究は、能面制作用型紙という文化的な知的情報を解明することによって、精度（識別率）の高い顔画像による個人識別技術を確立することにある。

### 3. 顔画像個人識別手法の体系化

まず、研究に先立ち論文調査を踏まえて、顔画像個人識別手法の体系化を行った。図表1に顔画像による個人識別手法の分類を示す。それらの手法は、2次元と3次元の画像処理技術を用いる手法に大別できる。2次元的手法では、主に正面顔と横顔の輪郭線から得られる定量値が、3次元的手法では、顔の表面の立体計測値が、個人を特徴付ける特徴量として利用されている。

また、顔画像認識において、正面顔のモザイク画像、両眼付近の部分画像のKL (Karhnen-Loeve) 変換値、立体計測値などをネットワークへの入力情報として学習を行わせ、認識させる実験結果から、ネットワークの有効性が報告されている。これらの報告ではネットワークへの入力情報や距離識別法との組み合わせなどを利用する相違点と、上述のBP則と階層型のネットワークを利用すること、それに主として正面顔を認識することの共通点が存在する。しかし、人間は正面顔だけで個人を認識しているのではなく、正面顔、種々の傾きをもつ顔画像、横顔、髪型を変えた顔画像などのように多様に变化した顔画像からも認識が可能である。このような認識機能を実現するためには、まず多様な変化に不変で個人性の非常に強い特徴量を用いるべきであるが、現状では特徴量の自動的で安定な抽出方法の確立など解決すべき問題が多く存在している。

図表1 顔画像による個人識別手法の分類



#### 3.1 顔画像個人識別のモデル化

顔画像による個人識別には、顔として3次元モデルをベースとする考え方と2次元モデルをベースにする考え方がある。それぞれ一長一短あり、ここでは、画像入力や処理などの点で取り扱いの簡便な2次元モデルの考え方を取ることにする。2次元顔モデルベースの場合は、顔のある方向へ射影した二次元画像を基本とするため、射影の方向（角度）というパラメータがはいってくる。

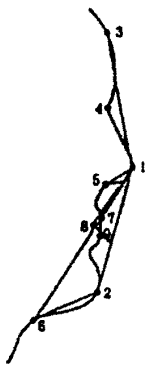
ここでは、横顔輪郭線の特徴点を用いた識別法と正面顔画像による幾何学的パラメータ法を参考にして、顔画像個人識別のモデルを作成した。

#### (1) 横顔輪郭線の特徴点を用いた識別法のモデル化

人物横顔像より輪郭線を求め、輪郭線上からいくつかの特徴点を抽出し、その特徴点の座標標を用いて個人を識別する<sup>(1)</sup>。

図表 2.に示すように横顔より9個の特徴点を抽出し、これらの特徴点から距離・面積・曲率などを示す11個の特徴量を求めて特徴ベクトルを作成し、2つのベクトルPおよびRのユークリッド距離を次式のように定義し、個人の識別を行う。

図表 2 人物横顔輪郭線



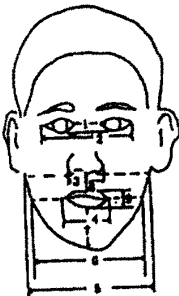
$$D(P, R) = \sqrt{\sum_{i=1}^{11} \left( \frac{p_i - r_i}{\sigma_i} \right)^2} \quad (1)$$

ただし、 $P_i$ 、 $R_i$  は番目の特徴量、 $\sigma_i$  は正規化のための計数である。

図表 2.において、1 は一番突き出した点、2 は 1 からあごへ向けてひいた接線の接点、3 は 1~2 と同じ距離の点、4 は直線 1~3 から最も離れている点、5、6 は 1、2 より顔の内側へ向けてひいた接線の接点、7、8、9 は輪郭線上で曲率半径が極値をとる点である。異なる条件で入力した3枚の横顔のファイルを登録しておいて、入力画像の特徴ベクトルとファイル画像の特徴ベクトルを比較して識別を行う。

#### (2) 正面顔画像による幾何学的パラメータ法

図表 3 幾何学的パラメータ



同一照明下でデジタルカメラにより、写真を取り、図表 3 に示すように顔の正面の9個の幾何学的パラメータを算出し、これをもとに顔の同定を行う<sup>(2)</sup>。

入力画像の特徴ベクトルを

$$Z_0 = (z_{01}, z_{02}, \dots, z_{09}) \quad (2)$$

とし、ファイル画像の特徴ベクトルの集合を

$$\Omega_0 = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_n\} \quad (3)$$

とする。まず、 $\Omega_0$ の中から

$$|z_i - z_{0i}| < k_i \quad (4)$$

を満足する特徴ベクトルを抽出し、その集合を $\Omega_1$ とする。ただし、 $z_i$  は  $Z$  の第1成分であ

る。次に、 $\Omega_1$  から

$$|z_2 - z_0| < k_2 \quad (5)$$

を満足する特徴ベクトルを抽出してその集合を $\Omega_2$ とする。 $\Omega_1$ がただ一つの顔画像を含むまでこの処理を続けて、入力画像に対応するファイル画像を抽出する。実際の顔画像から得られる幾何学的パラメータの分布を考慮し、このアルゴリズムのもとで正しい顔画像を識別できる確率 $P$ およびそれを得るまでのステップ数 $n$ を求める。その結果の一例を示すと、5000人を対象とする場合、 $P = 0.92$ 、 $n = 6$ が得られている。

#### 4. 顔画像識別アルゴリズムの概念設計

図表4で示す顔画像識別アルゴリズムの概念設計のフローは、次のとおりである<sup>(7)</sup>。

顔画像データの取り込み→顔の切り出しと画像強調→特徴量抽出→顔領域の正規化  
→特徴量抽出→判定処理

##### 4.1 顔画像データの取り込み (input image data)

顔画像データの取り込みには、デジタルカメラを2台利用して、原対象物(人間の顔)を撮像して、2次元横顔画像の取り込みと、3次元正面画像の取り込みを行う。これらのデータは、能面用型紙の作成に利用する。

##### 4.2 顔の切り出し処理 (image segmentation)

切り出し処理とは、顔を含む画像データから、顔の領域部分のみを残し背景などの他の部分を消去する処理をいう。ここでは、横顔画像をエッジングして横顔輪郭線を切り出す。また、画像強調処理も行う。

##### 4.3 基準点の抽出 (sampling of reference point)

基準点の抽出は、正規化処理により決まるのであるが、人(陣)中、左右の目頭、左右の目尻、唇の両端、の7点とする(図表5参照)。基準点を抽出するためには、横顔輪郭線の切り出しが必要である。

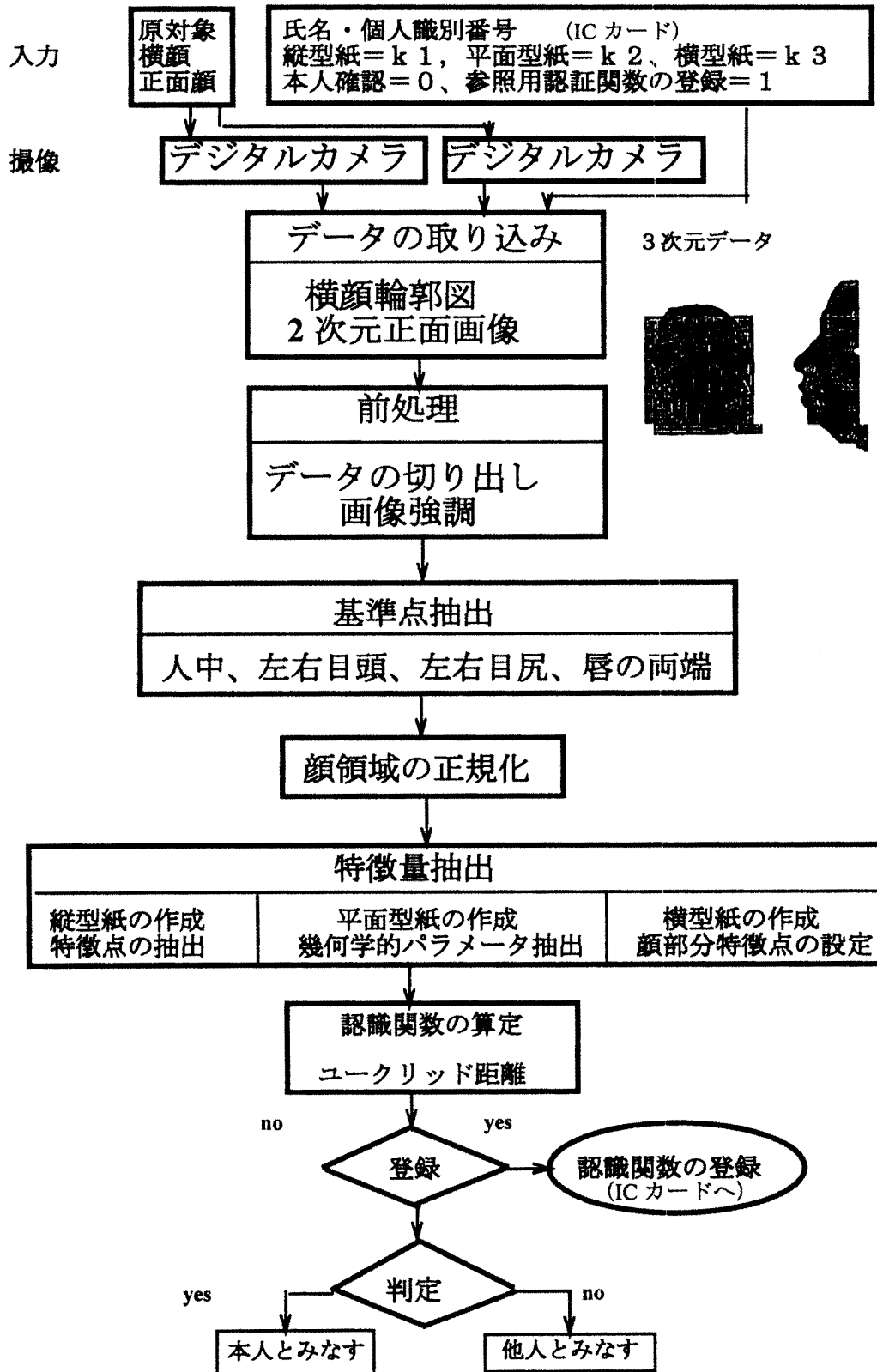
これらの基準点は、横顔輪郭線と3次元平面画像から求めることができる。ただし、基準点を抽出する選定アルゴリズムが必用である。

##### 4.4 顔領域の正規化 (pattern normalization)

顔画像データを認証処理に利用するためには、生の顔画像データのもつ擾乱要素をできるかぎり低減させておく必要がある。この処理を一般に「正規化」と呼んでおり、顔認証処理の流れの中の重要な部分である。

ここで用いた正規化は形状の正規化のみである。入力された顔画像データは、顔の方向と大きさに関する擾乱を受けている。これを除去するために、アフィン変換をかけることで、顔の方向と大きさに関する正規化をまとめて行う。アフィン変換を行うためには、顔のなかからいくつかの基準点を決定する必要がある。3点を利用すれば、画像に対して煎断的な変形と、拡大縮小・回転をあわせたアフィン変換が得られる。また、2点のみを用いれば、拡大縮小・回転のみのアフィン変換が得られる。

図表 4 顔画像識別アルゴリズムの概念設計の概要



正規化のための基準点は、万人に普遍であり、再現性がよくかつ選びやすければ、どの3点でもよいのであるが、ここでは3点を次のようにして決める。

- ① 左目頭の1点、 ② 人中の1点、 ③ 唇の左端の1点

または

- ① 右目頭の1点、 ② 人中の1点、 ③ 唇の右端の1点

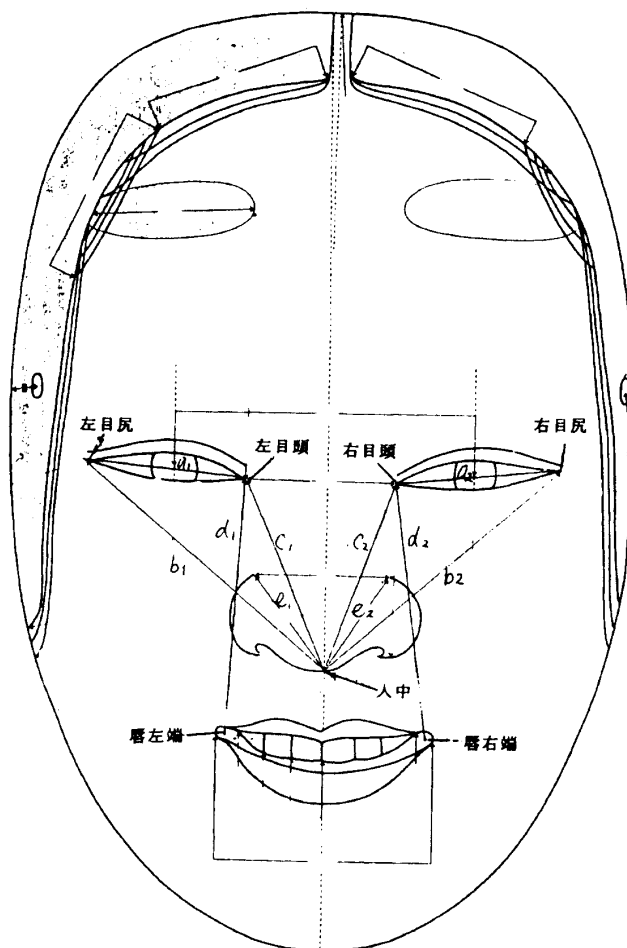
人間の顔は左右対称でないため、横顔輪郭線を中心にして左右に分けて考える。

#### 4.5 特徴量の抽出 (sampling of feature parameter)

##### (1) 能面制作用正面顔画像の特徴量抽出

特徴量の抽出は、能面型紙で使用している特徴点と同じ考えに基づいて抽出した<sup>(5)(6)</sup>。能面を水平に置いて、真上から見た見取り図が平面型紙である。図表6に示すように基本になる型紙で面の外形図である。これを作るには、厚紙の上に面を自然体に置いて、動かないように抑えて、周囲の形を厚紙（アイボリ紙、200斤がよいとされている）に写し取る。厚紙に接し

図表5 平面型紙



ていない切り上げ部分は、垂直下に点を求めて描く。三角定規の直角頂点部に針先を埋め込んでものを使って、周囲の点を針先でプロットする。

##### a. 基準面

横方向の基準になる縦の基準面を決定する。能面は、人間の顔と同じように左右相称ではないため、単純な中心線がないと考えなければならない。しかし、中心線がないと困るために、工作上もっとも好都合な面を設定する。つまり、できるだけ鼻の稜線を通り、頭髮の分け目とか、前歯の中心の近くを通る基準面を見つけだすことが肝要である。それには、型取り器のスライドを前後に動かすと同時に測定針を上下して、できるだけ普遍的な基準面を探し必要があるが、どうしても駄目な場合には、2本の基準を使う場合もある。

## b. 特徴点の設定

能面を自然体で水平上に置いてみると、能面のうゑに重要と思われる特徴点が定められる。すなわち、左目頭、左目尻、唇左端、人中、右目頭、右目尻、唇右端の7点である。これらの点は能面制作のための基準点でもある。また、これらの特徴点の2点を結んだ10個のパラメータ（ユークリッド距離）を抽出し、設定した。能面制作では目・鼻・口・に関する特徴を把握することがキーポイントといわれている。

### (2) 能面制作用縦型紙（vertical Noh-mask-templates）

面の底面直角で縦方向の合わせ型を「縦型紙」という。能面の縦紙型には、横顔画像輪郭線縦型紙、目中心（左）縦型紙、および目中心（右）縦型紙がある。

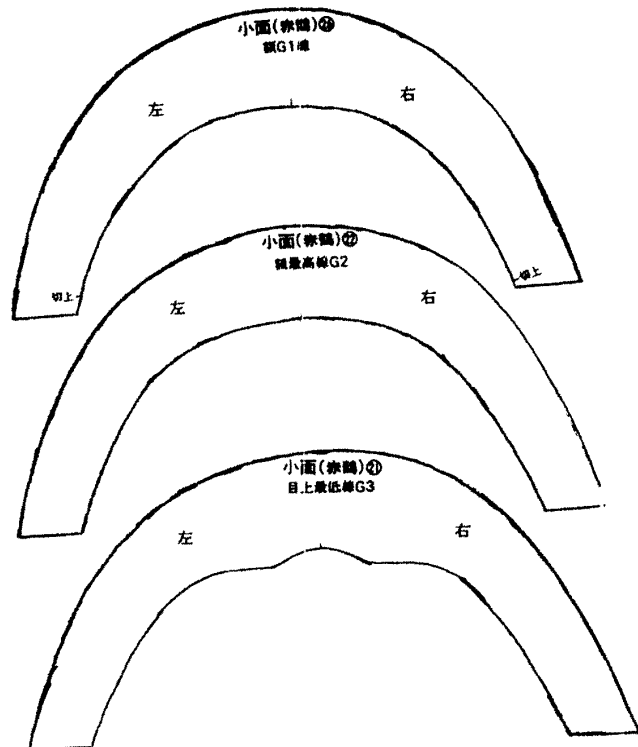
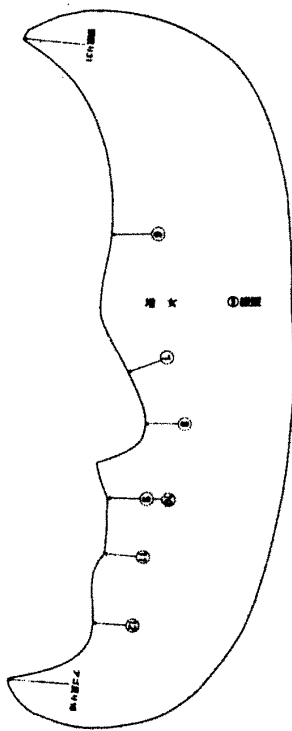
横顔画像輪郭線縦型紙を図表6に示す。

横顔画像輪郭線縦型紙上の特徴点は、7点ある。特徴点の名称は次のとおりである。

⑥額、⑦中鼻、⑧鼻高、⑨⑩上口唇、⑪下口唇、⑫アゴ

図表6 横顔画像輪郭線縦型紙の例示

図表7 横型紙の例示



### (3) 能面制作用横型紙（lateral Noh-mask templates）

面の底面直角で横方向に合わせる型を「横型紙」という。

#### a. 横型紙の種類

一般に能面制作用横型紙の種類は、次の13種類ある。

①額型紙（G1）

⑧鼻下線（人中点を通流）型紙（G8）

- |               |                |
|---------------|----------------|
| ②額最高線型紙 (G2)  | ⑨上口線型紙 (G9)    |
| ③目上最低線型紙 (G3) | ⑩上歯付根線型紙 (G10) |
| ④上瞼線型紙 (G4)   | ⑪下口線型紙 (G11)   |
| ⑤目下最低線型紙 (G5) | ⑫顎最低型紙 (G12)   |
| ⑥小鼻先端線型紙 (G6) | ⑬顎端線型紙 (G13)   |
| ⑦鼻頂上線型紙 (G7)  |                |

b. 横顔特徴点の抽出と設定

小面の縦型紙から特徴点を9点抽出、設定する。抽出した特徴点は、次のとおりである。

- |                |                        |
|----------------|------------------------|
| ① 額最高線型紙 (G2)  | ⑥ 鼻下線 (人中点を通流) 型紙 (G8) |
| ② 上瞼線型紙 (G4)   | ⑦ 上口線型紙 (G9)           |
| ③ 目下最低線型紙 (G5) | ⑧ 下口線型紙 (G11)          |
| ④ 小鼻先端線型紙 (G6) | ⑨ 顎最低型紙 (G12)          |
| ⑤ 鼻頂上線型紙 (G7)  |                        |

4.6 判定処理 (judgment process)

判定処理とは、登録されている特徴量または特徴量空間と、提示された顔画像から得た認証用特徴量である判別関数 (discriminant function) を比較し、適当な基準と照らし合わせて本人か他人かを判定する処理である。特徴量に対し、距離の評価方法は1つとは限らない。単純な方法でも、特徴量ベクトルの間のユークリッド距離を測る、内積をとる、なす角を測る、などさまざまなやりかたがある。

参照・参考文献

- (1) L.D.Harmon et al, "Automatic Recognition of Human Face Profiles" Computer Graphics and Image Processing, Vol.6, No.2, pp.135~156 (1977)
- (2) 柳亮『続黄金分割』美術出版、1984年6月
- (3) 南敏『顔画像認識画像による個人識別技術』システム／制御／情報、Vol.35、No.7、1991
- (4) 相原恒博、大上健二、松岡靖『人間の横顔認識におけるP形フーリエ記述子の有効成分の個数について』D-II、Vol.J74-D-II、No.10(1991.10)
- (5) 中西通『能面型紙集解題』玉川大学出版部、1993年8月
- (6) 鈴木慶雲『能の面』わんや書店、1994年3月
- (7) 情報処理振興事業協会技術センター『ダウンサイジング系におけるセキュリティアーキテクチャと個人認証に関する研究書』1996年3月

(平成9年12月5日受理)