

表情認識のための表情記述モデルの構成と表情解析

○関 峰雄 中村 納 南 敏

工学院大学

〈論文要旨〉

表情解析に関する研究は、感性情報処理における最も重要な問題の一つである。

この研究は他分野、例えば、心理学、医学などとも関係があり、筆者らは等濃線分布を用いた表情解析法について検討している。

本方式において、等濃線分布は木構造で記述される。等濃線分布の変化は木構造の変化として表れるので、表情の変化を木構造の連続的な変化として記述できる。

本報告では、表情認識のための表情記述モデルを提案するとともに、本モデルを用いた表情変化の記述を示す。

Description Model Construction of Facial Expression for Recognition and Facial Expression Analysis

Mineo Seki Osamu Nakamura Toshi Minami
KOGAKUIN University

abstract

A study on facial expression analysis is one of the most important problem in processing of sensibility.

This study is related to the fields, such as psychology, medical science and so on. Authors has been studied the facial expression analysis method using isodensity maps.

In this method, an isodensity map is described as tree structure. As isodensity map changes appered as the chages of tree structure, by analyzing the changes of tree structure, the facial expression changes can be detected.

In this paper, a description model of facial expression and an examle of description of facial expression changes are presented.

1. はじめに

近年、視覚、聴覚等を代表とした人間の感性に関わる情報処理システムの構築を目的とした研究がさかんに行われている。このような感性情報処理の研究は、単に工学的だけではなく、医学、心理学、人間学、民族学等、様々な分野にも応用ができるということから、数多くの報告がなされている。中でも、人物顔の表情認識の研究は、マン・マシンインターフェースの向上や顔画像知的符号化の応用等の目的から要望も高い。

表情認識において、顔をどのように記述するかは重要な問題となる。表情を体系的に記述したFACS[8]が心理学の分野から提案され、多方面で用いられている。他では、(1)顔画像から特徴点を抽出し、その特徴点の動きを解析する[9]。(2)オプティカルフローを用いて、顔の表面の変化を記述する[10]。(3)特徴点の動きをニューラルネットワークを用いて解析する。等様々な方式が提案されている。しかし、これらの方式は、特徴量の自動抽出が困難である等の問題点がある。

表情記述モデルにおいて、そのアプローチは、以下の2つに大別できる。

- 1) 表情が如何にして表出するのかを、顔の表情筋の動作との関係を考慮して詳細に調査し、任意の表情を合成できるモデルを構成し、これを基に表情を記述する手法。
- 2) 様々な表情において、それらを各々特定することが可能な何らかの特徴を抽出し、これらを用いて表情を記述する手法

これらは、互いに独立なものではなく、表情を解析するにあたり、統合されたモデルを構築する必要がある。

これに対し、筆者らは、等濃線分布を用いた表情記述モデルを提案している[3][4][5][7]。等濃線分布は、抽出が容易なだけでなく、顔の3次元形状を十分に反映しているなどの特徴を備えており、表情解析を行なう際に十分な特徴を含んでいると考えられる。本方式は、等濃線分布を階層的な木構造で記述することにより、表情の変化を木構造の連続的な変化として記述するものであ

る。

本報告では、本方式における表情記述モデルを提案するとともに、本モデルを用いた表情の記述を行なう。

2. 本方式の構成

本方式は、

- 1) 顔画像からの等濃線分布の作成
 - 2) 等濃線分布の構造木表現
 - 3) 木構造の変化に基づく表情の記述
- の3つの処理により構成されている(図1)。

以下、各処理の概要について述べる。

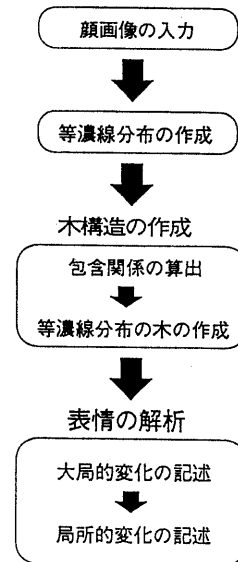


図1 本方式の構成

2.1 等濃線分布の作成

入力画像は、表情変化過程(但し、頭部の動きはないものとする)を捉えた動画画像である。これらの入力画像に対し、前処理を施すことにより、顔領域の抽出及び雑音除去を行う。この顔領域に対し、濃度ヒストグラムの面積を8等分するような8値のしきい値を用いて非線形の量子化を行なう。この量子化画像の濃度境界線を追跡することにより、顔領域の等濃線分布(図2)を作成する[1][6]。

等濃線分布は、最も明るい領域を表す第1レベル等濃線から最も暗い領域を表す第8レベル等濃線までの8つの等濃線から構成され、それぞれが反映する領域の性質により、“連結成分”を表す等濃線と“ホール”を表す等濃線の二つに大別できる。

連結成分を表す等濃線は、頬、額、鼻筋等の顔曲面における凸部分を反映し、濃度分布においては、等濃線で囲まれる領域内の濃度値が等濃線上の濃度値よりも明るいものである(図3(a))。

ホールを表す等濃線は、目、眉、口等の顔の各構成要素また、しわ等の顔の陰影部分を反映し、濃度分布においては、等濃線で囲まれる領域内の濃度値が等濃線上の濃度値よりも暗いものである。(図3(b))。

2. 3 木構造の作成

2. 3. 1 包含関係の抽出

本方式では、等濃線分布より顔を表す木を作成する。この木は、構造において包含関係を表しており、ノードにおいて各等濃線の特徴量を保持する。以下、木構造の作成のための包含関係の抽出手順を示す。

- 1) 各属性(連結成分またはホール)において、最も大きな等濃線が出現する等濃線レベル(連結成分では第8レベル,ホールでは第1レベル)の各等濃線に対し、ラベル付けを行なう。
- 2) 連続する等濃線レベルにおいて、1)と同様にラベル付けを行ない、注目する等濃線が上位レベルのどの等濃線に包含されるかを、その位置情報より抽出する。
- 3) 以下、全等濃線レベルにおける包含関係を得るまで、2)を繰り返す。

以上求めた包含関係において、連結成分を表す等濃線は、明るいレベルの等濃線が暗いレベルの等濃線に包含されるのに対し、ホールを表す等濃線は、暗いレベルの等濃線が明るいレベルの等濃線に包含されるという、互いに相反する性質をもっ

ている。

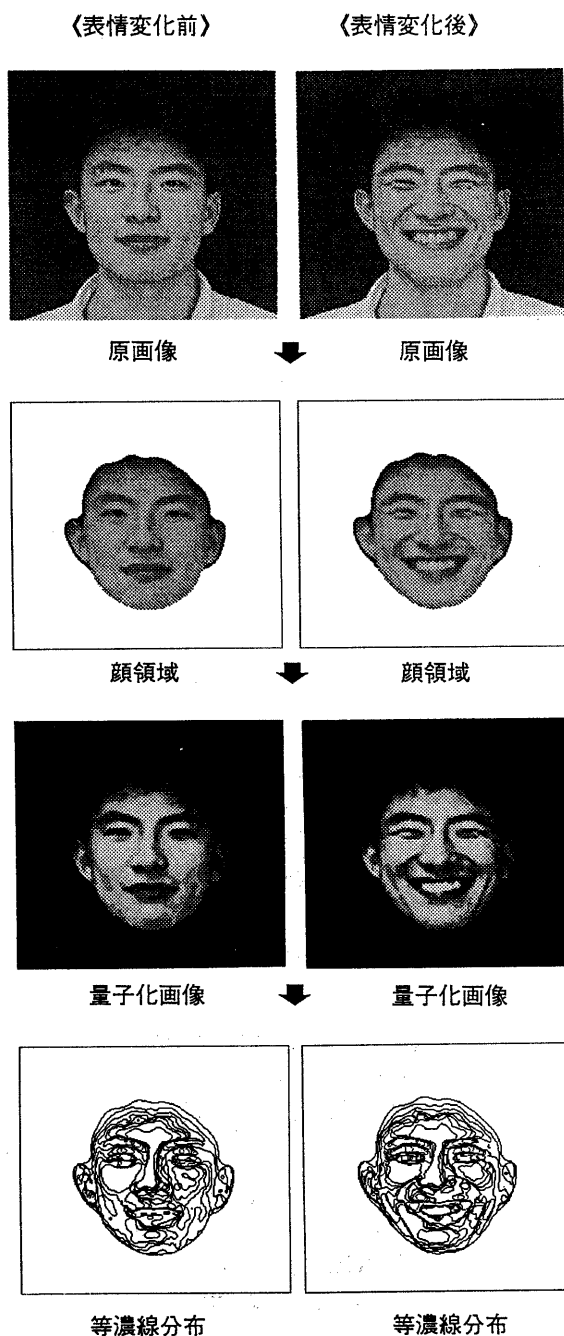
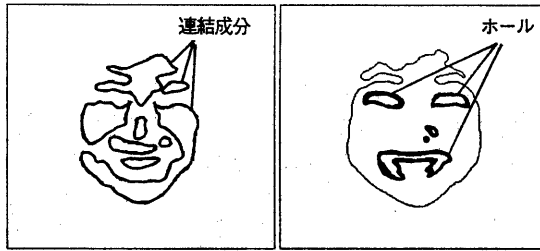


図2 等濃線分布の作成



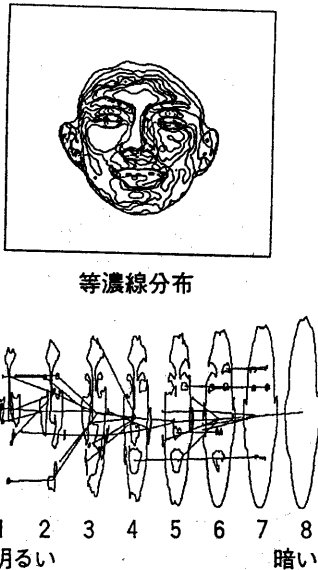
(a) 連結成分

(b) ホール

図3 等濃線の種類

2. 3. 2 等濃線分布と木構造

上記で導出された包含関係を記述する木を作成する(図4)。この木構造は、連結成分を表す木が1本と、ホールを表す木が複数本存在し、本方式では、この作成された木を“等濃線分布の木”と呼ぶ。



等濃線分布の木
図4 木構造の作成

3 木構造の変化に基づく表情の記述

表情の変化に伴う等濃線分布の変化には、各等濃線の位相幾何学的(トポロジ的)な変化と、各等濃線自体の特徴量(形状, 面積, 位置等)の変化があり, 前者を大局的变化, 後者を局所的变化と呼ぶ(図5)。

3. 1 大局的变化

大局的变化は, 等濃線分布における各等濃線の融合・分裂・消滅・出現等の位相幾何学的(トポロジー)変化に対応しており, 等濃線分布の木自体の変化として捉えることができる。

3. 2 局所的变化

局所的变化は, 等濃線分布の木自体の変化として捉えることのできない各等濃線の特徴量(形状, 面積, 位置等)変化であり, これは, 木における各ノード情報の変化として得られる。

本方式においては, 各等濃線自体の特徴量を記述するため, モルフォロジー理論を用いて, これを記述する。

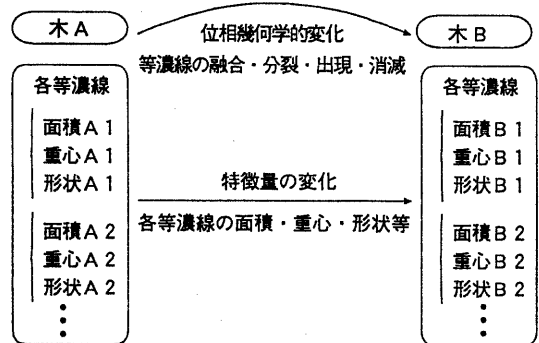


図5 等濃線分布の木の变化

4 大局的变化の記述

大局的变化は, 等濃線分布の木構造自体の変化である。木構造の変化は, 変化が起こる前の木を変化後の木へと変換するのに必要となる操作で記述できる。本方式では, この変換操作を木の各ノードの親子分割・親子融合・兄弟分割・兄弟融合という4種類で示す[11]。

4. 1 木の構造変化

木の構造変化は、各等濃線の出現・消滅・分裂・融合等の等濃線分布としての位相幾何学的変化と対応づけることができる。以下に各々の対応づけを示す。

1) 等濃線の出現と木のノードの親子分割

等濃線の出現は、ある等濃線レベルにおいて表情の変化前には存在しない領域が、変化後には現れるという変化で、木の構造における親ノードから子ノードが分割した変化と対応する(図6)。

2) 等濃線の消滅と木のノードの親子融合

等濃線の消滅は、ある等濃線レベルにおいて表情の変化前には存在する領域が、変化後には消滅するという変化で、木の構造における親ノードに子ノードが融合された変化と対応する(図6)。

3) 等濃線の分裂と木のノードの兄弟分割

等濃線の分裂は、ある等濃線レベルにおいて表情変化前は、1つの領域だったものが変化後には2つの領域に分裂するという変化で、木の構造における同一等濃線レベル内のノードが分割する変化と対応する(図7)。

4) 等濃線の融合と木のノードの兄弟融合

等濃線の融合は、ある等濃線レベルにおいて表情変化前は、2つの領域だったものが変化後には1つの領域に融合するという変化で、木の構造における同一等濃線レベル内のノードが融合する変化と対応する(図7)。

5. 局所的变化の記述

局所的变化は木の構造変化としては捉えることのできない各等濃線自体の特徴量の変化である。このため、等濃線の形状を良好に反映する記述法が必要となる。

以下、局所的变化の記述の各処理について述べる。

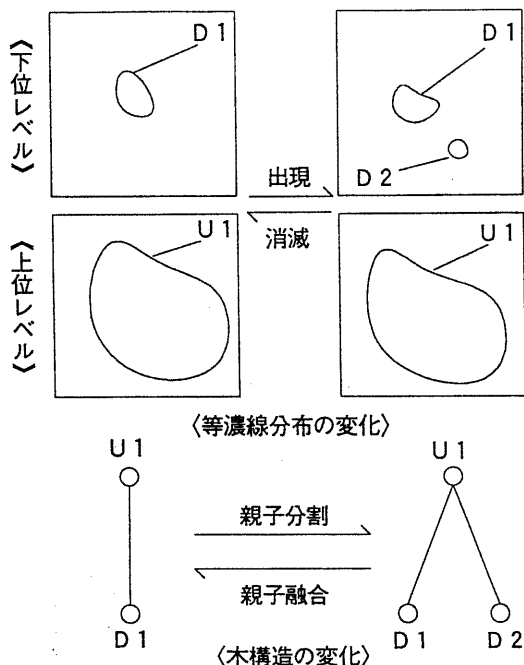


図6 等濃線の出現・消滅とノードの親子分割・融合

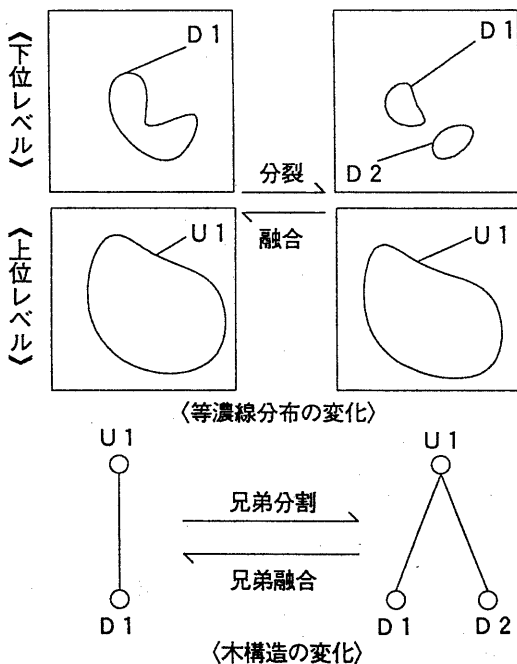
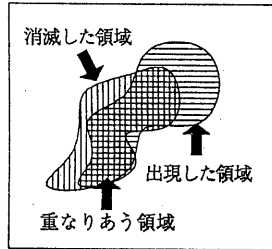
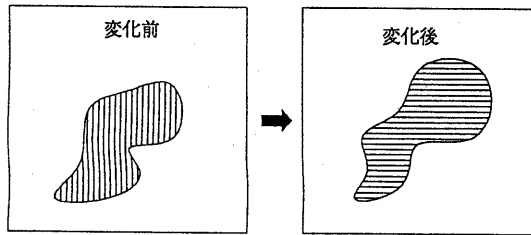


図7 等濃線の分裂・融合とノードの兄弟分割・融合

5.1 フレーム間差分の抽出

入力は、変化前、変化後の各等濃線を用いる。これらの等濃線を比較することにより、以下の3つの領域に分類する(図8)。

- 1) 出現した領域
変化前には存在しないが、変化後には存在する領域
 - 2) 消滅した領域
変化前には存在したが、変化後には存在しない領域
 - 3) 重なりあう領域
変化前、変化後ともに存在する領域
- 以上、3つの領域の内1), 2)の領域を記述する。



領域の種類

図8 フレーム間差分の抽出

5.2 差分領域の記述

以上、抽出された領域に対して、モルフォロジー理論[13][14]を導入し、記述を行なう。

モルフォロジー理論とは、与えられた画像に対して集合論的操作を施すことにより、その画像の特徴を抽出するものである。ここでは、差分領域を、ある任意の単位領域の集合であるとする。

本方式では、円を単位領域とし、領域を半径の異なる複数の内接円で近似するものとする。

以下に、内接円導出のためのアルゴリズムを示す。

- 1) 領域内の最大内接円の半径と、予め定めた半径のしきい値Rを比較する。しきい値以上であれば、これを第1内接円とする。
- 2) 第1内接円を除いた領域に対し、しきい値R以上の半径を持つ内接円を求め、それらの円を第2内接円とする。
- 3) 以下、第n-1内接円までの全ての内接円を除いた領域に対して、R以上の半径を持つ第n内接円を求める。
- 4) 第1から第nまでの内接円の集合を第n近似領域とする。

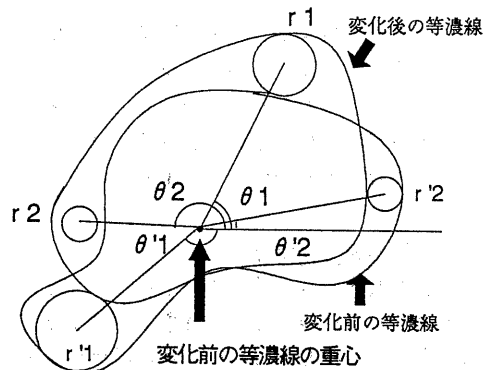
上記の内接円は、その領域の属性(出現した領域、消滅した領域)の違いにより区別し、半径rと領域の重心(変化前)からの方向θを保持する。つまり、出現した領域に対しては、

$$+ \{(r_1, \theta_1), (r_2, \theta_2), \dots\}$$

消滅した領域に対しては、

$$- \{(r'_1, \theta'_1), (r'_2, \theta'_2), \dots\}$$

の様に記述する(図9)。



$r_1 > r_2$
 $r'_1 > r'_2$ のときの記述

$$\begin{aligned} &+ \{(r_1, \theta_1), (r_2, \theta_2)\} \\ &- \{(r'_1, \theta'_1), (r'_2, \theta'_2)\} \end{aligned}$$

図9 局所的变化の記述法

6. 表情記述モデルを用いた表情の記述

6.1 大局的变化の記述

大局的变化の記述には、平常顔から笑顔までの表情変化過程を捉えた動画像（図10：連続した10フレーム）を用いて、実際の等濃線分布の木の構造変化の調査を行なう（表1）. 表に示す等濃線の変化と顔の部位の対応付けは、[12]を参考に筆者の主観により適用した。

6.1 局所的变化の記述

局所的变化の記述は、図10に示した表情変化前と変化後の2枚の等濃線分布を用いて、各等濃線の変化の調査を行なう（表2）. 表には、各レベル毎に、大きい順に5つの内接円を示す。

〈表情変化前〉

〈表情変化後〉

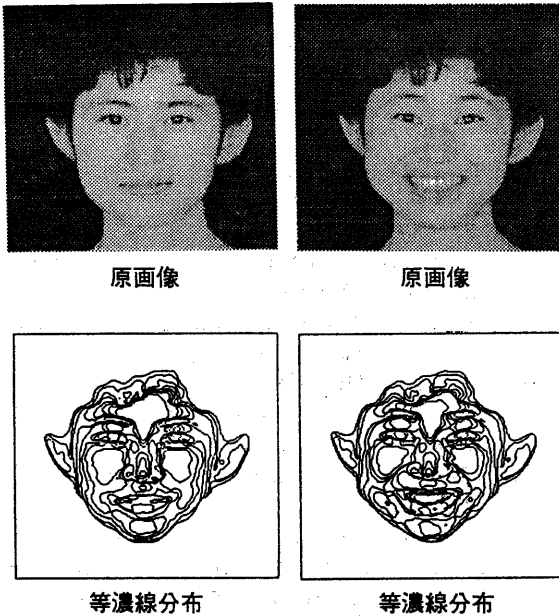


図10 記述に用いた画像

表1 大局的变化の記述例

	親子融合	親子分割	兄弟融合	兄弟分割
前頭部			2	2
上眼瞼部			1	1
眼部	4	6	4	3
下眼瞼部			2	2
頬骨部	2			3
頬部	1		7	1
鼻部				1
上唇部	2		1	
口内部		1 2	5	2
下唇部		1	1	1
おとがい	1			
耳部	1	1		

表2 局所的变化の記述例

等濃線レベル	属性	第1内接円 (r1, θ1)	第2内接円 (r2, θ2)	第3内接円 (r3, θ3)	第4内接円 (r4, θ4)	第5内接円 (r5, θ5)
8	出現領域	(1, 167)	(1, 166)	(1, 168)	(1, -159)	(1, -155)
	消滅領域					
7	出現領域	(1, 139)	(1, 167)	(1, 168)	(1, -162)	(1, -155)
	消滅領域	(2, 105)	(1, 107)	(1, 101)	(1, 171)	(1, -179)
6	出現領域	(2, -165)	(1, 73)	(1, 131)	(1, 114)	(1, 180)
	消滅領域	(1, 126)	(1, -162)	(1, -105)	(1, -80)	(1, -73)
5	出現領域	(3, -108)	(2, -163)	(2, -167)	(2, -86)	(2, -140)
	消滅領域	(3, 122)	(3, 55)	(3, 61)	(2, 124)	(2, 137)
4	出現領域	(3, 50)	(3, 62)	(2, -120)	(2, 26)	(2, -160)
	消滅領域	(4, 53)	(3, 60)	(3, 65)	(3, 128)	(3, 108)
3	出現領域	(4, -10)	(2, -170)	(2, -173)	(2, -129)	(2, -147)
	消滅領域	(8, -176)	(8, -16)	(7, -50)	(6, -123)	(6, -151)
2	出現領域	(3, 51)	(3, -96)	(2, 80)	(2, 135)	(2, -100)
	消滅領域	(8, 157)	(7, -124)	(4, 0)	(4, -70)	(3, 18)
1	出現領域	(2, 121)	(1, 97)	(1, 74)	(1, 116)	(1, 19)
	消滅領域	(5, -90)	(4, 180)	(4, -5)	(3, -45)	(3, -90)

6. 3 等濃線の復元

上記の記述の精度を確かめるため、また、記述の応用として等濃線の復元を行なった。復元方法は、変化前の等濃線に対し、差分領域を考慮して変化後の等濃線を復元した(図11)。

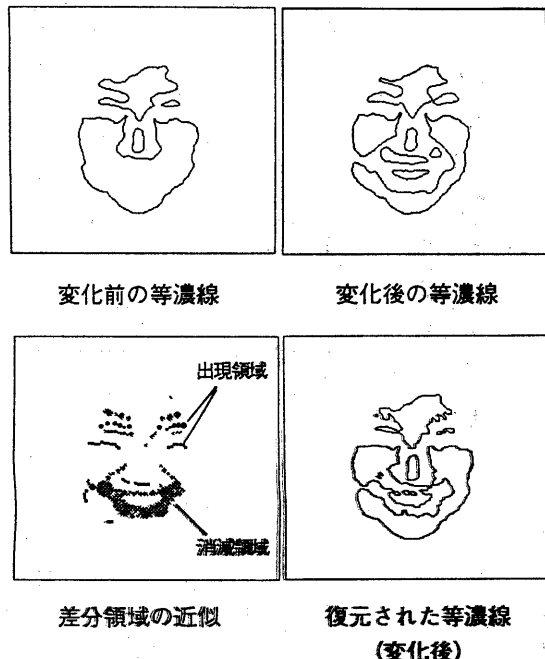


図11 等濃線の復元

7. 考察

6章では、本記述モデルを用いた表情の記述を行なった。

大局的变化においては、主に、口内部、頬部に多く、変化が現れた。これは、表情が変化(笑顔)する過程で口が開き歯が出現したり、口元がはげしく変化することによるものである。

局所的变化においては、第1~4レベル等濃線において大きな変化がみられ、第5~8レベル等濃線においてはほとんど小さい変化となっている。

8. まとめ

本報告では、表情記述モデルの構成を提案し、

本手法を用いた表情変化の記述を行なった。

本方式は、表情変化過程において“等濃線分布の木”を作成し、この木構造の変化をトポロジック的観点、モルフォロジー的観点から記述することにより表情の解析を行うものである。

今後の課題としては、大局的变化において、兄弟融合・分裂と親子融合・分裂の定義付け。局所的变化において、等濃線の形状変化が小さいときの記述法の検討、更に、数多くの表情変化における記述と表情解析の調査があげられる。

参考文献

- [1]加藤, 中村, 南: “等濃線分布を用いた表情解析のための顔領域分割”, 1992信学会春季全体, A-280.
- [2]加藤, 関, 福本, 中村, 南: “顔の陰影パターンに基づいた表情の解析”, 第45回情処全国大会, 7F-06.
- [3]M.KATO, I.SO, Y.HISHINUMA, O.NAKAMURA, T.MINAMI: “Description and Synthesis of Facial Expression Based on Isodensity Maps”, CGS, Visual Computing, pp.39-56, 1992.
- [4]福本, 加藤, 中村, 南: “木構造の変化に基づく表情記述”, 信学学生会, (1993).
- [5]関, 加藤, 中村, 南: “等濃線の階層的記述”, 1993信学会春季全体, D-477.
- [6]上野, 加藤, 中村, 南: “等濃線分布に基づく正面画像の識別”, 信学会論文誌, D-II, Vol.J76-D-II, No3. pp494-506.
- [7]関, 中村, 南: “表情認識のための表情記述モデルの構成と応用”, 画電学研究会.
- [8]P.Ekman, W.V.Friesen: “Facial Action Coding System”, Consulting Psychologist Press (1977).
- [9]崔, 原島, 武部: “顔の3次元モデルを用いた顔面表情の分析”, 信学会論文誌, D-2, Vol.J74-D-II, No6, pp.766-777, (1991-06).
- [10]間瀬, 前田, 末永: “表情動画からの感情の認識の1手法”, 信学技報, パターン認識・理解, PRU91-24, pp.95-101, (1991).
- [11]LU, S.Y.: “A Tree-Matching Algorithm Based on Node Splitting and Merging”, IEEE, Trans. PAMI, VOL. PAMI-6, pp.249-256 (1984).
- [12]金子: “日本人体解剖学, 第13版”, 南山堂, 1969
- [13]間瀬, 上田: “モルフォロジーと画像解析[1]”, 信学誌, 74, 2, pp.166-174, (1991-02).
- [14]上田, 間瀬: “モルフォロジーと画像解析[2・完]”, 信学誌, 74, 3, pp.271-279, (1991-03).