

コンピュータ似顔絵生成と感性とメディア

興水 大和

中京大学 情報科学部 情報科学科

コンピュータ似顔絵生成問題についてその成り立ちを改めて分析し、どのような部分問題に分解できるか、その技術的課題や原理的問題についてまず考察する。次いで、現在開発中の似顔絵生成システム「PICASSO」の概要を作品事例とともに紹介する。似顔絵生成は、すぐれて「視覚感性（情報（処理））」的なテーマである。また、ヒューマンインターフェースなどの視覚情報メディアの一形態として、似顔絵が新しい可能性を持つことも期待されている。このような観点からこの似顔絵生成問題を改めて考察し、似顔絵生成問題とりわけ PICASSO システム開発の今後の見通しを模索する。

On the Computer Facial Caricaturing and its Background Investigations Through 'KANSEI' and 'Information Media' Viewpoints

Hiroyasu Koshimizu

School of Computer and Cognitive Sciences, Chukyo University

Investigating first of all on what kind of technical and principal problems should be solved to realize the facial caricaturing by computer, an example of the facial caricaturing system PICASSO is introduced to show that an analytical approach to the visual sensibility('KANSEI') would be essential to improve the skill of the PICASSO system. For example, it is pointed out that the facial caricaturing procedure must be completed by linking the autonomous evaluation procedure to the generation procedure. The evaluation procedure of the PICASSO system was realized actually by means of the 'Visual Illusion'. Additionally, the infra-structure of the PICASSO system is also investigated from the view point of the 'Information Media' for human interface.

1. まえがき - 似顔絵生成問題と感性とメディア -

似顔絵は、本人や彼の写真、映像よりも鮮烈な印象を与えてくれることが多い。その人物らしさを顔で表象する、極めて優れた画像・図形的情報メディアの最右翼が似顔絵といってよいであろう。ところで、この似顔絵が生む印象の本質が何処にあるかということ、紙の上に物理的に描かれた作品としての画像・図形、ひいてはその作品の「作家」と、その作品の「鑑賞者」との相互作用・協調作業の中に求めるべきである。従って、その人らしさ（個性特徴）を顔から抽出し表現する似顔絵生成コンピュータのメカニズムは、似顔絵作家の「感性」に裏うちされた豊かな表現力を備えることと同時に、鑑賞者の側の「視覚感性」にも即応するものでなければならない。それではそのようなその人物らしさは顔のどこからどのように抽出できるか？ その前に、そもそも似顔絵における顔を表現する情報メディア的な基本要素とはどのように捉えたらよい（形、陰影、カラー；表情；動き；角度；、など）？ また、自分では似顔絵をうまく描けないがその出来映えは誰でも分かるという意味からして、似顔絵生成と評価の機構は別ものか？ 等などの疑問が湧き出てこよう。似顔絵生成問題は、このように多くの疑問に対して情報科学・技術的な問題分析や部分問題分解とそれらの再構成などを通して、コンピュータによって実際にシステムとして実現してみようということである。

このような基本的視点から似顔絵生成問題を改めて分析し、又この分析に基づいていま似顔絵生成システムを開発中である。このシステムは「PICASSO」（Project for Intelligent CARicaturing Sophisticated System-One）といい、時に仲々の作品を描き始めている。本稿では、この PICASSO の仕組みや作品例、問題点や課題とそれらへの対策などを紹介して、似顔絵生成問題とりわけ PICASSO システムのこれからの見通しについて考える機会としたい。この時併せて、最近のトピックスである「感性ないし感性情報処理」問題からは、似顔絵生成はどのような問題であるかについても考察し、また、結果として似顔絵なる新たな情報メディアがどのような役割を持つことができるかについても考えてみたい。

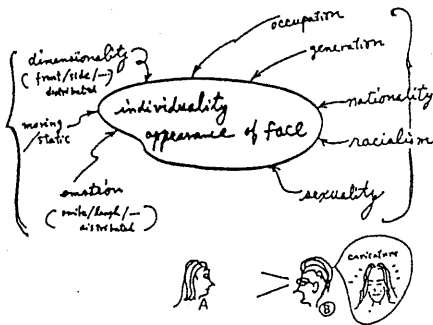


図1 顔のその人物らしさとは？ 個性特徴とは？
問題分解

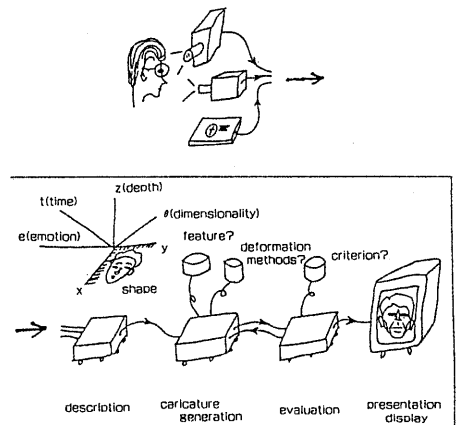


図2 似顔絵生成問題の部分
問題分解

2. 似顔絵生成問題の分析とサーベイ

2.1 問題分析

(1) 似顔絵における顔とは何か？

似顔絵における「顔」は、ヒューマンインターフェイス（個性、感情の発信）における視覚的情報メディアである。そのために必須の顔表現の情報媒体メディアは何か（顔輪郭、目や鼻）？ またそれらをどう扱うか？ この為に重要と思われる事項を列挙してみる。

(a) 顔の構成要素：顔輪郭とその中に配置された目、鼻、ほくろやメガネなどの部品があること、次に重要な点は、例えば左右の目から横長のストロークが見えるように、これら個々の部品が連合した複合部品も顔の構成要素として視覚的に機能すること、また、目鼻口などの部品は基本的（common）であるが、メガネやホクロ、シワは付加的（decorative）部品であってその似顔絵における役割は明らかに異なっていることである。

(b) 表情の個性：また顔には表情がありそれは感情（emotion）を発信する。例えば「笑顔が印象的」な人がいるように、表情にも個性がある。真顔も表情という連続スペクトルの一断面に過ぎないともいえる。よって、この表情連続スペクトル次元の中でも似顔絵における個性特徴を捉える必要に気づく。

(c) 個性と空間次元、など：正面顔よりも横顔にその人らしい印象が明確である場合が少なくない。つまり、似顔絵における顔はその空間次元（dimensionality）をも考慮する必要に気づく。その他、表情の動きや言語活動にともなう口の動き（motion）などもその人らしさを表すことにも、気づく。

以上の素材に基づいて、●顔部品形状に対する視知覚的な現象のメカニズムを活かすこと、●これら視知覚現象群からどのような高次の視知覚現象＝印象（感性）の表現が可能かを明らかにすること、●部品の変形と部品群位置関係の変形によって起こる感情の顔表現（表情）の物理的メカニズム（ex.FACS、configuration）と感性的表情表現（朗らかな、優しい、柔和な／辛辣な、陰険な、など）とを繋ぐ高次のメカニズムを確立することなどが重要である。

（２）顔の認識・記述の課題と可能性

コンピュータ似顔絵生成の最大の現実的問題は、上記（１）のような顔記述をコンピュータで認識・生成させることである。何を何処まで認識させるかそのものが課題であるが、目や鼻の部品輪郭の抽出でも人手の介入を排除することは今だに難しい。

更に顔を記述するための情報媒体について、輪郭線、面領域、濃淡（陰影）、色彩のどこまでふんだんに使うか、逆にどこまで禁欲的たりうるか、似顔絵問題において極めて興味深い課題である。また、図形形状に対する視知覚（ex.Ponzo錯視）、濃淡に対する視知覚（ex. マッハ効果）、色彩に対する視知覚（ex. 色知覚の錯視）とこれらの複合的な知覚現象についての考察も興味深い。

（３）顔の個性とは？ - その抽出と誇張 -

図１に示すように、顔からの個性（individuality, personality）は、その人物の民族性（racialism）／国民性（nationality）／性別（sexuality）／年齢世代（generation）／..... など多様な属性が複合的に絡んで形成される。従って、見る側の関心や意図、経験や置かれた環境によって、またモデルと見る者の関係によって、それらの属性のどれかが強調されることになり、そもそも似顔絵は一義的には扱うことができないことに気づくことができる。結局、そのような多義性をも反映しうる個性特徴の抽出方法を見い出す必要がある。

また似顔絵生成には、抽出された個性特徴をうまく誇張するメカニズムが要請される。

「目が大きい」とか「顔が丸い」などの物理的ないし知覚的事実のどこに、あるいはそれらのどのような組み合わせに個性特徴を見い出すかは、まさしく感性的計測問題である。人間の視覚では、初め「優しい顔だ」のような全体としてのマクロな印象（感性的特徴）があり、続いて「強いて言えば目がハの字だ」のようなディテールへの印象（物理的、知覚的特徴）に至ることが多いが、これと逆のプロセスも含めた個性特徴抽出のメカニズムの実現が課題であろう。

（４）似顔絵評価問題

コンピュータ似顔絵生成は、最終的には似顔絵の出来映えをコンピュータ自身で評価・判断して完成する。しかしこの評価問題は、その顔の「真」の個性特徴が既知であることが前提とされるため結局、上記（３）の課題に収れんすることになる。よって、（３）で採用する生成原理と異なる原理によって評価メカニズムを実現する必要が生ずる。顔部品で構成される様々な単純図形（目と眉毛で並行線、眉毛と鼻でT分枝、など）に生ずる錯視（Visual Illusion）は、人の視覚に生ずる知覚現象として公的事実である。これは、この評価問題にあるいは（３）の個性特徴抽出に利用できる可能性がある。

また、生成されている似顔絵の出来映えを評価するためには、トップダウン的に与えた感性属性（例えば、「優しい顔」とか「こわい顔」）によって拘束するなどが本来あるべきの似顔絵評価のあり方でもある。

図2は、以上の考察と分析に基づいて似顔絵生成問題を幾つかの部分問題に分解し、それらを系統的に再構成したものである。これが、似顔絵生成システム「PICASSO」で実現をねらっている全体像である。

主な試みとその要点					
区分	S.E.Brennan	岡山理科	早稲田大	松下電器	PICASSO
主要文献	1)、2)	5)、17)、42)	21)	8)	43)、44)、45)
顔の認識	部品輪郭線	部品輪郭線	部品輪郭線	強調エッジ画像	部品輪郭線
記述	manual	manual	manual	画像処理	manual+再標本化
個性	平均顔	数値化、後	数値化+	特になし	平均顔
特徴抽出		平均顔	平均顔		
描画	中割り法	モンタージュ、後	モンタージュ+	(0.5*17-k)	中割り法
自己評価	なし	なし	なし	なし	(統計、分散)
		(1 G-P' 1)			形の錯視の利用
					(WP、Pzなど)

本表中の文献番号は、文献(4)による。

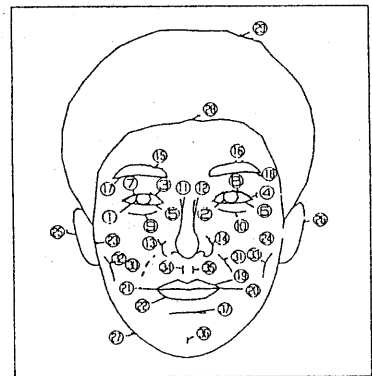


表1 似顔絵生成システムのサーベイ

図3 PICASSO にとっての顔

2.2 サーベイ

似顔絵生成の試みの事例を概観しておこう。⁴⁾ コンピュータによる似顔絵生成の事例は多くない。論文などで見る限りでは現在5件、正確には4件である。表1には、これらの事例で採用されている生成原理などを要約しておく。

まず<顔記述>については、1件(松下電器)を除いて専ら部品輪郭のトレースデータが使われている。現状ではこれらは全て手入力されたもので、自動記述の課題は未だ解決できていない。部品輪郭に3Dワイヤフレームモデルを組み合わせると顔記述を3次元的にした試みもある。<個性特徴抽出>の原理は、4件とも結局、平均顔(mean face)なる、個性特徴を抑制した顔を導入する方法を用いている。部品形状の形状特徴を数値化し、いわゆるモンタージュ法に持ち込む方法も採られている。<誇張のメカニズム>としては、平均顔との空間的ズレを中割り法(in-betweening)と呼ばれる線形外挿法が多用されている。<似顔絵の自己評価>の試みを行なっている例もあり、それは錯視現象を利用するものである。

3. コンピュータ似顔絵生成の事例研究 -PICASSO システムと視覚感性について-

上記図2の全体計画に沿って、似顔絵生成システム(PICASSOと略称)の概要を紹介し、また視覚感性と情報メディアの観点から考察していく。

(1) 顔の記述と正規化

PICASSO システムは、図3に示すような37個の要素図形(総点数455)からなる線図形を「顔」の基本部品(common parts)とし、加えてこれらの部品以外の部品(メガネ、ホクロなど; decorative parts)も隠蔽された部品(髪に隠れた目; hidden parts)も、後段の似顔絵生成法の中で扱えるようにした(アフィン変換による変形)。横顔や様々な表情についても、ほぼ同様の仕様とした。

この「顔」記述に対して、両眼を結ぶセグメントに関する一定の規準(左目虹彩(x_L, y_L))を固定位置(x_0, y_0)にシフトし、一定サイズ BL にスケーリングし、水平になるよう θ ラジアン回転する)をつけた座標線形変換(幾何学的正規化)を式(3)により施した後、第 i 番目の輪郭点を(x_i, y_i)と表した輪郭点座標値集合で顔データを記述した。個性特徴の表現での視覚感性的効率を上げる観点から、部品種類の過不足の是否、要素図形の再標本化、正規化の規準選択などに興味ある課題があるが、今後に残っていく最大の問題はこの顔記述抽出の自動化である。

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \frac{BL}{\sqrt{(x_L - x_R)^2 + (y_L - y_R)^2}} \times \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x - x_L \\ y - y_L \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

(2) 平均顔の導入と中割り法 - 個性特徴の抽出と誇張 -

第 j 氏の顔記述を $(x_i^{(j)}, y_i^{(j)})$ とし、式 (2) のように M 人の標本平均 $(x_i^{(S)}, y_i^{(S)})$ を「平均顔」として導入した。図 4 にその一例を示す。重要なことは、輪郭点座標値の算術平均の集合が平均的な印象を与える顔に見えるという事実であり、従ってこの平均顔と個々の顔とを比較すると、そこにその人物の個性特徴が発見しうることである。

$$x_i^{(S)} = \frac{\sum_{j=1}^M x_i^{(j)}}{M} \quad y_i^{(S)} = \frac{\sum_{j=1}^M y_i^{(j)}}{M} \quad (2)$$

一方を上記の平均顔として二つの顔と比較し、そこに見い出される差異を個性特徴とみなし、その差異の誇張法として定数 b を誇張率とする式 (3) の中割り法を利用した。それぞれ、 $(x_i^{(P)}, y_i^{(P)})$ 、 $(x_i^{(S)}, y_i^{(S)})$ が入力顔、平均顔、そして $(x_i^{(Q)}, y_i^{(Q)})$ が似顔絵の作品となる。

$$x_i^{(Q)} = x_i^{(P)} + b(x_i^{(P)} - x_i^{(S)}) \quad y_i^{(Q)} = y_i^{(P)} + b(y_i^{(P)} - y_i^{(S)}) \quad (3)$$

平均顔の役割は没個(人)性的な顔を提供することである。この意味から、例えば中央値などの統計量を利用する、モンタージュ法のように部品の形状と位置の扱いを分離する、など検討事項は多い。また、 M 人のサンプル抽出の母集団の決め方は、鑑賞者の属性や鑑賞意図をどのように反映させるかに係わってくる。幾つかの平均顔の例を図 4 に加えておく。中央が研究室男子学生、その右上より時計まわりに学部教官(世代; 平均年齢 45 才)、外国人(民族)、笑顔(表情)、女性(性別)である。

この似顔絵生成法では、メガネやホクロなどの付加部品へ対処ができない。結論的には図 5 のように、付加部品を包含する基本部品上の 3 点をうまく基準点に選べばその領域内の座標線形変換パラメータが決まるので、アフィン変換によって付加部品の変形を中割り法に連動させることができる。

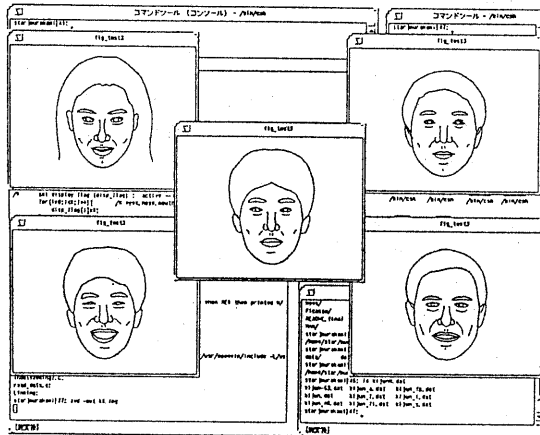


図 4 平均顔の事例

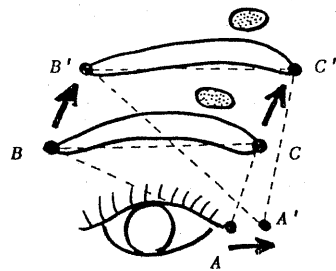


図 5 付加部品をアフィン変換で変形させる方法

(3) 作品事例と考察と課題

作品例を図 6 に示す。左が人物(ブッシュ米国前大統領)の写真、中が輪郭のトレースデータ、右が似顔絵である。同様にその下は、ジャーナリスト(筑紫)、もう一つは言語学者のチョムスキー博士である⁽⁵⁾。また図 7 には、適当な部品部分集合だけに注目した場合の作品を示す。これは、個別の部品に対する感覚・知覚レベルの印象とそれ

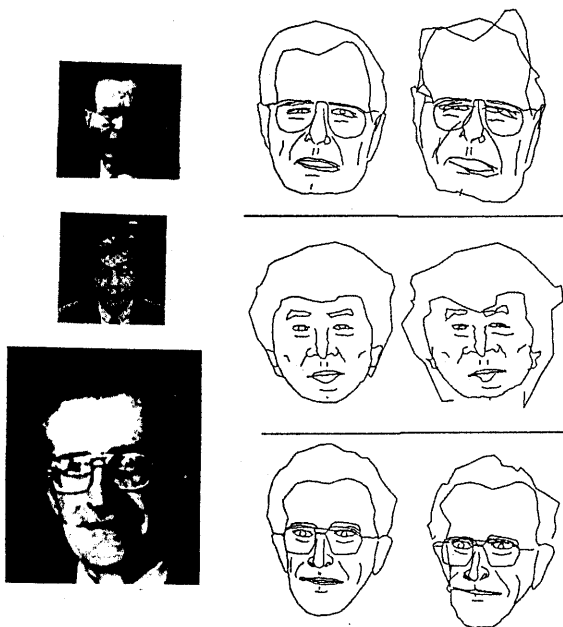


図6 PICASSO システムの似顔絵作品



図7 顔輪郭を省略した似顔絵

らを組み合わせた複合部品、ないし似顔絵全体の印象との係わりを検証する手がかりを提供しうる。

さてここで、図6（上の例）の髪の輪郭と生え際の関係に注目して欲しい。生え際は輪郭を突き抜け、いわば部品間のトポロジカルな拘束が破られている。それにも拘らず、似顔絵ではそれは気にならない、もしくは却って効果的だという声が多い。ここには二つのテーマが改めて見い出される。一つは、・どのように誇張すれば人の視覚感性的に効果的であるか、なる視点が主導的であるべきこと、もう一つは、・どこで誇張を停止させるかの判断が必要なことである。図8にその例を示すように、式（2）による誇張は停止させないともはや顔とは認められなくなるからである。前者は上記（2）に改めて属するテーマであるが、後者は実は（似顔絵生成に対する）似顔絵評価問題として新たに位置づける必要がある。PICASSO システムでは、この問題に錯視（visual illusion）を利用する可能性を検討している。

なお、この最後の問題に対する便宜的な方策として、部品ごとの誇張率を設ける、最適な誇張率の履歴を保存して利用する、部品のトポロジカルな関係が保持されているかぎり誇張を進める、など様々な検討を行なっている。図9はこの一例で、平均顔を求める際に得られるドットごとの標本分散を長軸、短軸にした楕円を表示したものである。例えばこの標本分散に比例した誇張を施せば、視覚感性的に有効な誇張が期待できる。



図8 崩れた似顔絵

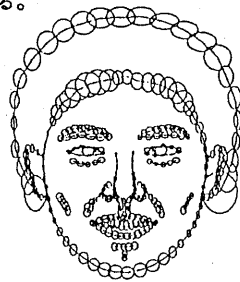


図9 平均顔の分散飾り（仏顔） - 誇張の制御 -

4. 錯視による似顔絵評価法

錯視現象には人の目の知覚的性質が凝縮されている。似顔絵を鑑賞する側の視覚に備えられている性質を反映させる手がかりとして、この錯視現象を取り上げた。図10(a)はブント・フィック (Wundt-Fick Illusion) 錯視図形と呼ばれ、分割過小視が起き、同じ長さのセグメントでも分割されたセグメントが幾分短かく知覚される(約15~20%)。この錯視図形を図10(c)のように両眉(水平セグメント)と鼻(垂直セグメント)に当てはめた。つまり、水平セグメントと垂直セグメントに対して一種の図形体制化 (organization) が鑑賞者の視覚に生起していると仮定した。実際には図10(b)のような補正要因を考慮して式(4)によりWF錯視量 $g_{WF}(b)$ を導入した。

$$g_{WF}(b) = \frac{v(b)}{h(b)} \times (1 + \alpha) \quad \alpha = 0.15 \times e^{1 - \frac{(\frac{x}{h} + \frac{h}{x})}{2}} \times \sin \theta \times e^{-\frac{d}{v}} \quad (4)$$

(2) 似顔絵評価のメカニズムと事例と課題

式(3)により似顔絵生成(個人性特徴の抽出と誇張)を行ない、同時に式(4)をチェックして錯視現象が生じたら誇張を停止した。図11には、この方法によって誇張を停止し、良好な似顔絵評価ができた事例を示しておく。まえがきに述べたように、似顔絵を鑑賞する側の視覚感性を錯視現象という一般に認められる視覚機構で実現しようという狙いである。しかし、この評価法は一つの着想を示したに過ぎず、課題は多い。例えば、式(4)の評価量は誇張率 b に対して減少するようなケース場合もある、ボンゾ錯視 (Ponzo Illusion) など多数の錯視モデルを複合的に扱う必要がある、などである。

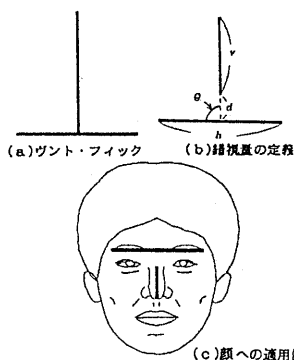


図10 錯視による似顔絵評価法

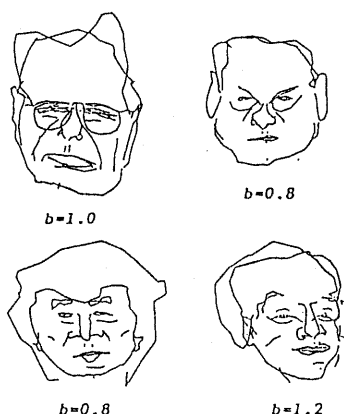


図11 似顔絵の自律的評価結果の実例

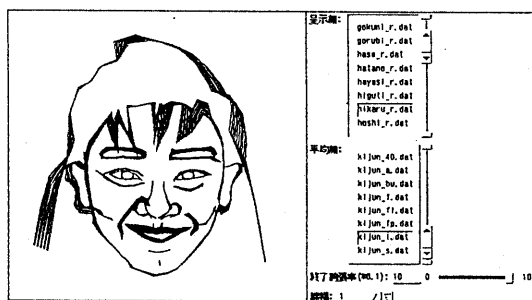


図12 誇張過程にみる動感と立体感

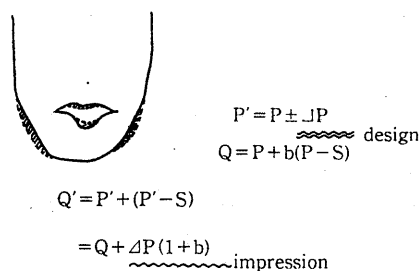


図13 歯科審美的情報メディア

5. あとがき - コンピュータは本当に似顔絵が描けるか? -

コンピュータは本当に似顔絵が描けるか? 本稿で紹介した PICASSO の実力ほどの根拠で、答えは肯定的である。従って今後、コンピュータ似顔絵生成は、それ自体で新たな情報メディアとしての可能性を主張し始めている。例え

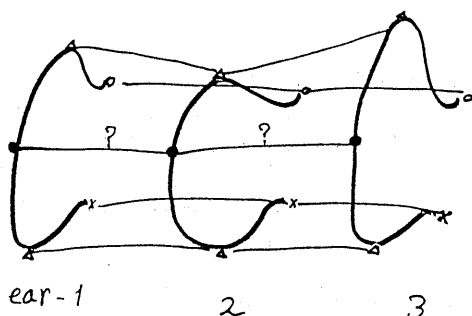


図 1.4 平均的な耳の形 (輪郭点对应) ?

ば、ゲームのような娯楽分野ではそれ自体が、ビジネス一般では名刺や印鑑で、ネットワークではPIAの新規なメディアとしてである。変わった例では、形成外科学や歯科審美学などの医学分野の術前評価に役に立つ可能性がある(という指摘がある)。図1.2は、歯科補綴における利用の考え方である。目で見たときの感じ(視覚感性)でデリケートな評価が必要なこのような諸分野で注目され始めていることだけでも、似顔絵生成をきっかけにした視覚感性、視覚情報メディアの新たな可能性を追求する動機として十分である。しかし挑戦すべき難問が山積している。例えば、図1.3のように似顔絵の表現方法にも工夫が必要ではないか?(似顔絵にとって)十分な顔の記述のコンピュータ生成できない、平均顔の導入で標本母集団をどのように定めるか?、図1.4に示すように部品輪郭点の相互の対応をとることは可能か?「平均的な耳の形とはそもそも何か?」などである。また似顔絵の評価法では、顔を見る場合にどの程度に錯視現象が機能しているのかは、本当のところはよく分かっていない。改善しなければならない従来からのコンピュータビジョンの課題が山積しているばかりか、このように人の視覚感性(知覚的、認知的特性)に呼応するコンピュータビジョンを実現するといった新たな課題を更に抱えなければならないと考えられる。つまりは、似顔絵生成法と評価法を導入することを通じて、このような認知的ビジョンとでもいえるべき新たなコンピュータビジョンの課題を見出し、その一つひとつをクリアして、その新しいパラダイムを模索していく必要がある訳である。幸いにも、サーベイでも触れたように顔のコンピュータサイエンスの研究が盛んになり始め⁽⁴⁾、似顔絵生成のテーマもS.E.Brennan以来少しづつではあるが、着実に試みられ始めてもいる。

謝辞

本稿で述べたPICASSOシステムは、本学の福村教授、中山講師、村上助手を始め、MCS鈴木氏やゼミの学生諸君の協力のもとに、またその一部は平成5年度文部省科研費(重点領域研究)05220223、平成5年度科学技術庁振興調整費、(財)人工知能研究振興財団平成4年度助成金、などの支援のもとに開発している。記してここに謝意を表す。

参考文献

- (1) S.E.Brennan: Caricature Generator, Degr. of Master of Science in Visual Studies(Media Lab.MIT)(Dec.1982)
- (2) Murakami, K., Koshimizu, H., Nakayama, A. and Fukumura, T.: Facial Caricaturing Based on Visual Illusion - a Mechanism to Evaluate Caricature in PICASSO System -, Proc. 2nd PRICAI, pp.685-691 (Sep.1992)
- (3) 奥水、村上、中山、福村: 似顔絵生成研究の現状とPICASSOシステムの諸課題、「画像の認識・理解シンポジウム」(MIRU'92), (Vol.II), pp.159-166 (Jul.1992)
- (4) この作品は、日本認知科学会第9回大会(1992年)のポスターに使われました。
- (5) 高野、大河原、中田、中島: 似顔絵写生ロボットシステム、National Tech. Rep., Vol.31, No.4, (Aug.1985)
- (6) 島田、木村、塩野: 顔の3次元構造特徴を用いた似顔絵作成について、電子情報通信学会、パターン認識と理解、PRU91-123 (Jan.1992)
- (7) 井口、田淵、村岡: 似顔絵自動生成の一方法の提案、情報処理学会第44回(平成4年度前期)全国大会、4N-6 (Mar.1992)
- (8) 奥水大和: 似顔絵生成と感性について、電子情報通信学会、ヒューマンコミュニケーション研、HC92-72 (1993.03)