

印象変換ベクトル法による顔の高次印象の合成とその感性心理学的妥当性

作田, 由衣子 / 行場, 次朗 / GYOBA, Jiro / AKAMATSU, Shigeru / SAKUTA, Yuiko / ISHI, Hanae / SAKURAI, Teruko / 赤松, 茂 / 櫻井, 輝子 / 伊師, 華江

(出版者 / Publisher)

電子情報通信学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

電子情報通信学会技術研究報告. HIP, ヒューマン情報処理 / 電子情報通信学会
技術研究報告. HIP, ヒューマン情報処理

(号 / Number)

682

(開始ページ / Start Page)

25

(終了ページ / End Page)

30

(発行年 / Year)

2006-03-15

印象変換ベクトル法による顔の高次印象の合成とその感性心理学的妥当性

櫻井輝子[†] 伊師華江[‡] 作田由衣子[‡] 行場次朗[‡] 赤松茂[†]

[†]法政大学工学部システム制御工学科 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2

[‡]東北大学大学院文学研究科 〒980-8576 仙台市青葉区川内 27-1

E-mail: [†] akamatsu@k.hosei.ac.jp, [‡] gyoba@sal.tohoku.ac.jp

あらまし 本研究は、印象変換ベクトル法による顔画像の品性印象変換において、適切なパラメータを選択することによって得られる印象変換画像の妥当性を心理学的に確認することを目的とした。顔画像は形状とテクスチャ情報に分けることで多次元ベクトルとして表される。この多次元ベクトルに対して主成分分析を行うことで、顔パターンの物理的特徴の多様性が少数のパラメータで記述される。この少数のパラメータに対して印象変換ベクトルによる変位を与えることによって印象変換された顔画像を生成する手法が印象変換ベクトル法である。ここでは予備実験結果から顔の品性印象にセンシティブな主成分を選定し、それらを選択的に用いて導出した印象変換ベクトルによって顔画像の印象変換を行う手法を提案し、合成顔画像における品性印象変換の妥当性をSD法・因子分析を用いた心理学的評価によって検証した。

キーワード 顔画像, 感性情報処理, 印象, 固有顔, 印象変換ベクトル, SD法, 因子分析

Synthesis of higher-order facial impressions

by the impression transfer vector method and its psychological evaluation

Teruko Sakurai[†] Hanae Ishi[‡] Yuiko Sakuta[‡] Jiro Gyoba[‡] Shigeru Akamatsu[†]

[†] Department of System Control Engineering, Faculty of Engineering, Hosei University
Kajino-cho 3-7-2, Koganei-shi, Tokyo 184-8584 Japan

[‡] Department of Psychology, Graduate School of Arts & Letters, Tohoku University,
Kawauchi 27-1, Aoba-ku, Sendai 980-8576 Japan

E-mail: [†] akamatsu@k.hosei.ac.jp, [‡] gyoba@sal.tohoku.ac.jp

Abstract This study aimed to define an effective way to synthesize facial impression of gracefulness by the impression transfer vector method and to confirm validity of impression transformation by psychological rating experiments. Face images are physically represented in high-dimensional vectors by separating the shape and texture information, and variations in their appearance are coded into a smaller number of parameters by applying PCA, and thus a morphable model of face images is constructed with these parameters. Based on preliminary psychological experiments, some of the parameters were found sensitive to gracefulness of the faces. Image manipulation method based on impression transfer vector was then applied using the selected parameters. Psychological evaluation of impression transformation was conducted by applying semantic differential method and factor analysis. The obtained results clearly indicated that the impression transfer vector utilizing the selected components can better modulate gracefulness of the face image corresponding to the psychological rating.

Keyword facial images, KANSEI information processing, impressions, eigenface, impression transfer vector, semantic differential method, factor analysis

1. はじめに

顔は、人間が互いにコミュニケーションを図る上で、非常に大切なものである。顔が伝える情報には様々なものがある[1]が、本論文ではそのうち印象という感性的な情報をテーマとして扱うこととする。顔の物理的特徴と人間が感じる心理学的印象の相互関係が定量的

に理解されることによって様々な工学的応用が考えられる[2]。具体的な応用としては印象を変換したイメージの生成などである。また、魅力などといった顔の伝える統合的な印象についての解析も考えられる。本研究では心理学的な高次の印象の中でも特に品性という多義的・統合的な印象に着目し、それらに寄与する顔

の物理的特徴の存在について、物理的特徴の多様性を表すパラメータを選択的に利用することで生成される合成顔画像における印象変換の効果を、感性心理学的に評価することによって検証した。

2. 本研究の目的と特徴的なアプローチ

顔のもつ物理的な形態の多様性は、多数の顔について、それぞれの形状とテクスチャを表す多次元ベクトルを独立に主成分分析して得られる互いに直交する各主軸への射影を求めることにより、比較的少数のパラメータで表せることが示されてきた[3]。さらに、これらの少数のパラメータを操作して男女差や年齢差といった印象を変換した顔画像を生成する手法が検討されてきた[4]。本研究ではこれらの先行研究で提案してきた顔画像の印象変換手法を高次印象の操作に適用し、その妥当性を心理学的に確認することを目的とした。

主成分分析によって得られる互いに直交する主軸への射影値のうち、高次の印象に大きく影響するものとそうでないものとの存在することが示唆された。この点が本研究で検証を行おうとする観点の一つである。

任意の顔パターンについて、主成分分析で得られた主軸へのパターンの射影によって求まる少数のパラメータ値を変更して再合成することによって、様々に変形した顔パターンを生成できる。主成分分析は多変量解析の中でも情報を集約するための手法として用いられている。従って、主成分分析によって得られるパラメータを、その対応する固有値の大きいものから選択合成することは、元画像をもっとも精度良く復元する手法となる。先行研究では、印象変換されたイメージを生成するにあたって、顔パターンを記述する少数のパラメータのうち対応する固有値の大きいものから順に選択し、それらを用いて顔の合成を行ってきた。これに対して本研究では、予め品性という印象に大きく影響するパラメータがどれであるかを予備実験によって推測し、大きく影響する可能性が示唆されたパラメータのみを選択的に利用して画像合成を行った。この点が本研究の特徴的な点の一つである。

実験では、従来通り固有値の大きい主成分をパラメータとして合成した画像と、品性印象変換に大きく影響を与えると予想される主成分からパラメータを選択して合成した画像の両者について主観評価を実施した。両者より認知される印象変換強度を比較することによって、品性印象変換におけるパラメータ選択の有効性を検証した。

3. 顔の印象とその定量的分析法

3.1. 高次の印象

「品のよい」や「元気のよい」などの顔の高次印象は、顔の形態やテクスチャと密接に結びついて得られ

る主観的な印象であると考えられる。このような、顔の統合的な処理に基づいて得られる顔の印象には多種多様なものが存在するが、本研究では、特に品性印象に着目する。品性印象は、評価性や洗練度などの印象に関わる印象であると考えられる[5]。

3.2. SD(Semantic Differential)法

主観的な印象を数値化する手法の一つとしてSD法がある。SD法は、心理学の分野で多く活用されているものであり、相反する意味を持つ複数の形容語対に対する評定をもとに、ある対象についての情緒的意味を測定する[6][7]。収集されたデータに、因子分析などの多変量解析を施すことにより、対象の印象を少数の次元にまとめ上げることができる。SD法で得られたデータの因子分析の結果では、一般的に評価性(evaluation)、活動性(activity)、力量性(potency)の3因子に集約されることが知られている。本研究では、顔の印象を評価する手法としてSD法を用いた。

4. 印象変換ベクトル法による顔画像の印象変換

先行研究[4]で提案した印象変換ベクトル法による顔画像の変換法を適用して、以下に示すような手順で品性という高次印象の変換を試みた。まず、さまざまな印象をあたえる多数の顔画像からなるサンプル集合に含まれる各顔パターンに対して、顔画像のモーフィング処理を行うツールとして開発されたFUTONシステム[8]を用いて、前処理としてパターンの正規化処理を行った後、顔パターンの形状とテクスチャをそれぞれ表す多次元ベクトルを抽出する。

サンプル集合について得られた形状またはテクスチャを表す多次元ベクトル \mathbf{X} に対して主成分分析を行って多次元ベクトルの次元圧縮を行う。形状とテクスチャのそれぞれについて得られた低次元のベクトル \mathbf{f} から、後述の予備実験Iの結果にもとづき、印象変換に使用する少数のパラメータとしての成分を選択する。そして、予備実験IIによって品性印象の高い顔と低い顔の2グループをあらかじめ選定しておき、これら2グループの顔パターンから得られる形状とテクスチャそれぞれのパラメータ・データにもとづき、Fisherの線形判別法によって印象変換ベクトル \mathbf{e} を算出する。そして任意の顔パターンに対して、(1)式に示すようにその形状とテクスチャを表す \mathbf{f} を印象変換ベクトル \mathbf{e} の方向に変化させることによって、印象を操作した顔イメージの生成を行う。

$$\hat{\mathbf{f}}_c = \mathbf{f} + q_c \delta \cdot \mathbf{e} \quad \dots (1)$$

ここで δ は、 K 次元パラメータ空間上の2クラスの平均ベクトル間距離を定数で割って求まる係数であり、 q_c は先に求めた δ を基準として定める印象変換ベクトル \mathbf{e} に対する重み係数である。

本研究では、多様な印象を与える顔パターンサンプル集合として、ATR表情データベース[9]（男性・女性各10名ずつ計20名×10表情=200パターン）を利用した。そして主成分分析により形状ベクトルとテクスチャベクトルはそれぞれ30次元、40次元に次元圧縮を行い、このうち10成分を用いて印象変換ベクトルを求めることとした。品性印象の高低に基づき用意する2つのサンプル集合は、それぞれ30パターンずつとした。また、印象変換処理を施してその妥当性を評価する顔パターンとしては、表情データベース内の顔画像すべてについて、形状ベクトルとテクスチャベクトルをそれぞれ平均化して得られる「平均顔」を用いることとした。

5. 予備実験 I : 品性印象に対する各主成分の寄与度の比較

形状ベクトルならびにテクスチャベクトルのそれぞれについて、主成分分析によって抽出された各主軸上で、平均顔に対応している原点を中心に正負方向にそれぞれ2段階ずつ移動して得られる点に対応してパラメータ値を主軸上で5段階に変更し、これにより得られる合成顔画像に対して主観評定実験（SD法・因子分析）を行い、その結果から品性という印象に大きく寄与しそうなパラメータを与える主成分（主軸）を選択する実験を行った。第 k 主成分に対応する主軸上を段階的に変位させるとは、固有ベクトルを U_k と表し(2)式に示すような重み係数 p_c をかけて形状ベクトルあるいはテクスチャベクトル $\hat{X}_{k,c}$ を求めることに相当する[4]。ここで μ は、顔画像サンプル集合における形状あるいはテクスチャベクトルの平均ベクトル、 σ は固有ベクトル U_k で表される主軸への射影値の標準偏差である。

$$\hat{X}_{k,c} = \mu + P_c \sigma \cdot U_k \quad \dots(2)$$

全ての主成分（形状ベクトル：30個、テクスチャベクトル：40個）について、その主軸上に変位させた5段階のパラメータに対応して合成された顔画像に対して因子分析の結果得られた積極性・品性・力量性に関する因子得点の変動をグラフ化して、主成分ごとに比較した。主軸上のパラメータの変位につれて得られる合成顔画像の変化に対して、因子得点が比較的大きく変化するような主成分は、品性印象の変換に大きく寄与する変数になりうると考えられる。

なお、形状ベクトルの主軸上の変位に対する合成顔画像を生成する場合には、テクスチャベクトルは全パターンの平均ベクトルを用いた。また逆に、テクスチャベクトルの主軸上の変位に対する合成顔画像を生成する場合には、形状ベクトルは全パターンの平均ベクトルを用いた。

その結果、合成された顔画像に対して因子分析を行

って得られる品性の因子得点が、合成顔画像の形状あるいはテクスチャを特徴づけるパラメータの主軸上の変位に応じてどのように変化したかの具体例を図1、図2に示す。図1に示すテクスチャの第34主成分(T34)の方が、図2に示すテクスチャの第31主成分(T31)と比べて、主軸上のパラメータの変化に対して品性の高さを示す因子得点がより大きく変動していることがわかる。このように各主成分によって、品性についての因子得点の変動の様子が違いが認められた。

主軸上でパラメータの位置を変えた際に因子得点が大きく変化する主成分は、品性という印象を変化させるにあたって大きく影響を及ぼす要因となる可能性が示唆される。このような観点から、形状とテクスチャそれぞれについて、品性印象要因への影響が大きいと判断される主成分の上位10個を表1に示す。表から、品性印象変換に大きく寄与すると考えられる主成分は、主成分分析によって得られる固有値の大きさに関係なく選択されていることがわかる。

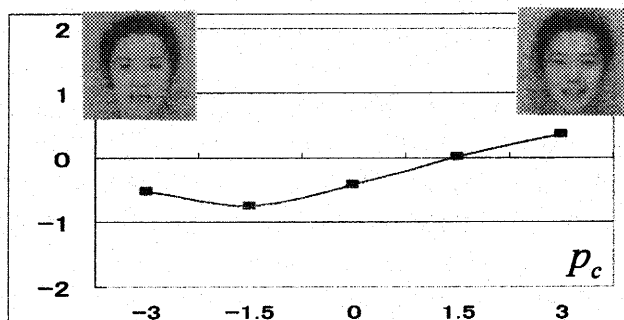


図1 主成分 T34 の変化に対する品性因子得点の推移

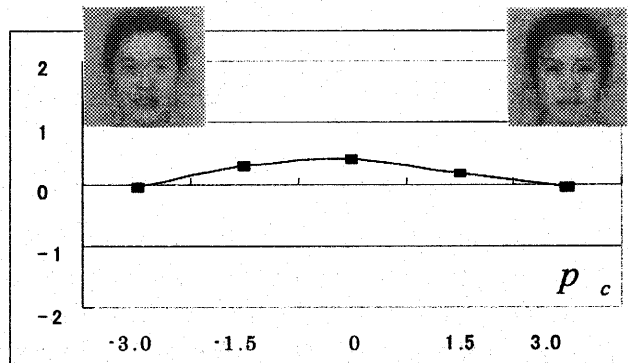


図2 主成分 T31 の変化に対する品性因子得点の推移

表1 品性印象に大きな影響を及ぼすと判断された10主成分の次数

ベクトル	次数
形状	2, 1, 7, 10, 6, 9, 17, 21, 4, 18
テクスチャ	14, 34, 33, 1, 13, 3, 25, 15, 38, 5

6. 予備実験 II 品性印象による顔サンプルの2グループ化

顔表情データベース内の顔サンプルに対して主観評定実験（SD法・因子分析）を実施し、品性の因子得

点が高い顔画像と低い顔画像を選定し、Fisherの線形判別法によって品性に関する印象変換ベクトルを求める際の学習サンプルに用いる。ここでは、顔のサンプル集合として、ATR表情データベース内の表情表出顔画像(男女10名ずつ×10表情。ただし真顔以外は1つの表情につき、口をあけているものと閉じているものの2種類がある。)に対してSD法と因子分析による主観評定実験を行った。

因子分析の結果、積極性・品性・力量性の3つの因子が抽出された。全顔パターンを品性因子得点の順に並べると直線的に近似可能であったので上位30パターンと下位30パターンを単純に品性の高い顔クラスと品性の低い顔クラスに分類することとする。今回は、表情データベースを用いたため、品性の高い顔グループには真顔や笑顔は多く含まれたのに対して、品性の低い顔グループには軽蔑・恐れ・驚きといった表情が多く含まれていた。

7. 心理評定実験

品性印象変換に関して以下の2通りのパラメータ選択手法を取り上げた。

手法A: 主成分分析の結果得られる固有値の大きい順に形状・テクスチャともに上位10主成分を用いる

手法B: 予備実験Iの結果から品性印象変換に大きく影響する可能性が示唆された主成分を形状・テクスチャともに10主成分選択する

本実験は、これら2通りのパラメータ選択手法の妥当性をSD法を用いて心理学的に検証することを目的とした。

7.1. 方法

評定者: 大学生および大学院生108名(男性54名, 女性54名)

顔画像: パラメータ選択手法A, Bともに, (1)式の q_c を手法Aについては-4.0~+4.0の範囲で1.0刻みで9段階, 手法Bについては-2.0~+2.0の範囲で0.5刻みで9段階に変化させて合成した。これらの幅の違いは, 合成画像を目で見た際に顔画像として不自然でない範囲でかつ印象に変化があると確認された範囲と刻みであった。形状・テクスチャともに9段階ずつ存在するので, 1手法につき $9 \times 9 = 81$ パターンの顔画像が合成された。全ての画像はA6サイズ用紙に印刷された。

評定用紙: 予備的検討に基づき, 10対の形容詞対を使用した(表2参照)。これらの形容詞対の評定は, 中央に「どちらでもない」をとり, 両端に向かってそれぞれ「やや」, 「かなり」, 「非常に」の3段階で計7段階とした。形容詞対の極性や順序を入れ替えた評定用紙を3種類作成し, 評定者ごとに割り当てた。

手続き: 手法AとBにより作成された画像を合わせて1セットの画像刺激とした。刺激セットを4分割し, 4分の1の画像(手法Aから20枚, 手法Bから20枚)に平均顔を加えた計41枚の顔画像を1人の評定者が評定した。すなわち, 1つの刺激セットは4人の評定者で評定された。1つの画像について27人分のデータを収集した。評定者は, 画像1枚につき, 10対の形容詞対で印象評定を行った。

7.2. 結果

7.2.1. 因子分析

全評定者の評定データをまとめて因子分析(主因子法, バリマックス回転)を行った結果, 活動性に関与する第1因子(代表的な形容語: 「明るい-暗い」, 「外交的-内向的」), 評価性に関与する第2因子(「品のある-品のない」, 「優秀な-無能な」), 力量性に関与する第3因子(「力強い-弱々しい」, 「厳しい-優しい」)の3因子が確認された(累積寄与率54.79%)。因子付加量を表1に示す。第2因子が, 本研究で着目する品性印象と対応していた。

表2 形容詞対とバリマックス回転後の因子負荷量

	第1因子	第2因子	第3因子
明るい-暗い	0.805	0.258	0.131
外向的な-内向的な	0.802	0.145	-0.071
目立ちやすい-目立ちにくい	0.603	0.184	-0.120
若々しい-老けた	0.458	0.319	0.154
品のある-品のない	0.153	0.720	0.304
優秀な-無能な	0.247	0.685	-0.001
魅力的な-魅力的でない	0.434	0.649	0.223
やさしい-厳しい	0.114	0.174	0.740
力強い-弱々しい	0.424	0.104	-0.673
女性的な-男性的な	0.058	0.238	0.451
因子寄与 累積寄与率(%)	2.337 23.37	1.734 40.70	1.408 54.79

7.2.2. パラメータ選択手法の有効性

3つの因子について因子得点を求め, 各画像の平均因子得点を算出した。品性印象変換の妥当性を検証するために, 本分析では第2因子(品性印象因子)に着目して分析を行った。

パラメータ選択手法AとBの比較を行うため, 形状とテクスチャそれぞれについて(1)式の P_c を同期させて9段階に変化させた場合の品性因子得点変化に関して, 手法Aの品性因子得点変化を図3に, 手法Bの品性因子得点変化を図4に示し, それぞれ直線回帰を試みた。その結果, 手法Aでは直線で近似することが非常に難しい結果で逆U字型に近い因子得点変化となり, 平均顔の付近(形状・テクスチャともに重み0)に品

性因子得点のピーク値があった。一方、手法Bでは、直線的な当てはまりがよく ($R^2 = 0.8293$) 右上がりの近似直線が描けた。このことは、手法Bのパラメータ選択法において、品性印象変換の画像的操作 (品性を高める操作) に対応して、人が実際に感受する品性印象の程度が増加した。したがって、品性印象変換に関するパラメータ選択手法Bの有効性が心理学的に確認された。

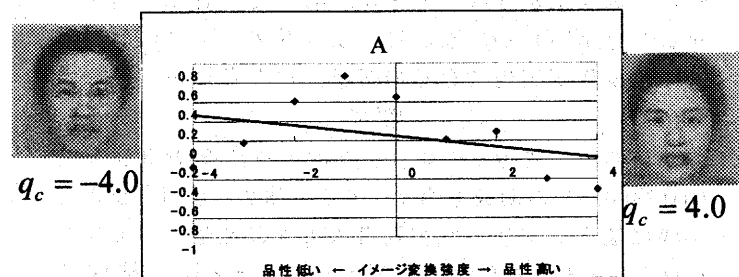


図3 イメージ変換[手法A]強度に応じた品性についての因子得点の変化

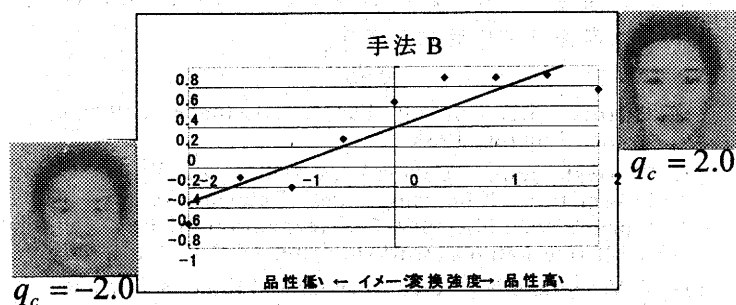


図4 イメージ変換[手法B]強度に応じた品性についての因子得点の変化

7.2.3. 形状とテクスチャの効果量

上記の分析により、品性印象変換に関するパラメータ選択手法Bの妥当性が確認されたので、以下の分析では手法Bに着目する。形状を操作した場合にはテクスチャは平均テクスチャに固定し、テクスチャを操作した場合には形状は平均形状に固定し、それぞれの因子得点変化を求めた。図5(A)は第2因子 (品性)、図5(B)は第1因子 (積極性)、図5(C)は第3因子 (力量性) の因子得点変化を示す。それぞれの因子の因子得点を従属変数、形状操作とテクスチャ操作の程度を独立変数として重回帰分析を行い、形状情報とテクスチャ情報それぞれの品性印象変換に対する効果量を比較した。

品性印象 (第2因子) に関する重回帰分析の結果、回帰式は有意となり (調整済み $R^2 = 0.791, p < 0.01$)、形状操作の程度とテクスチャ操作の程度にそれぞれ有意な標準偏回帰係数がついた (形状操作の程度: $\beta = 0.676, p < 0.01$, テクスチャ操作の程度: $\beta = 0.600, p < 0.01$)。両者の係数に大差なかったことから、顔の「品性」印象には、形状操作とテクスチャ操作が同程度の影響力を有することが示された。

その他の因子についても、同様の分析を行った。積

極性印象 (第1因子) に関する重回帰分析の結果、回帰式は有意となり (調整済み $R^2 = 0.878, p < 0.01$)、形状操作の程度とテクスチャ操作の程度にそれぞれ有意な標準偏回帰係数がついた (形状操作の程度: $\beta = 0.851, p < 0.01$, テクスチャ操作の程度: $\beta = 0.412, p < 0.01$)。形状操作により大きな係数がついたことから、顔の「積極性」印象には、形状操作がより強く影響を及ぼしていることが示された。力量性印象 (第3因子) に関する重回帰分析の結果、回帰式は有意となり (調整済み $R^2 = 0.742, p < 0.01$)、テクスチャ操作の程度に有意な標準偏回帰係数がついた (テクスチャ操作の程度: $\beta = 0.854, p < 0.01$)。形状操作の程度の係数は有意でなかった (形状操作の程度: $\beta = 0.209, ns$)。「力量性」にはテクスチャ操作が強く影響していることが示された。

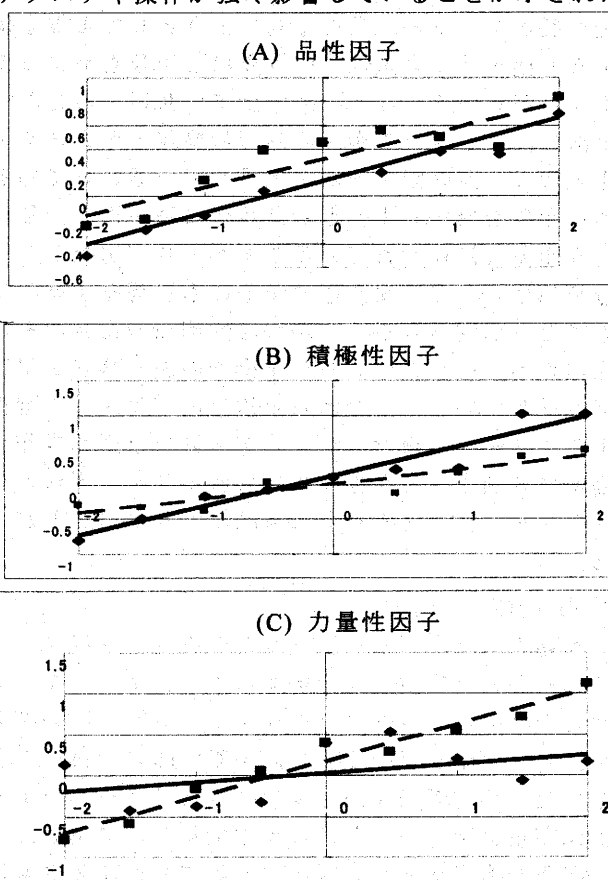


図5 各因子についての得点変化 (実線: 形状操作 破線: テクスチャ操作)

8. 考察

8.1. 因子抽出の結果について

予備実験では、顔画像データベースに含まれる顔画像に対して因子分析を行い、本実験では印象変換後の合成顔パターンに対して因子分析を行った。両実験とも積極性、品性、力量性という3つの因子が同様の順序で抽出された。この結果から、抽出された3因子は人間が顔からイメージを規定する上で主要な因子と考

えることができ、また様々な顔パターンに対して頑健な主要因子である可能性が示唆された。

8.2. パラメータ選択手法の妥当性について

手法Aと手法Bの2通りで印象変換画像を合成し認知された印象強度を比較した。手法Bでは右上がりの近似曲線が描けたことから、品性印象変換に大きく寄与すると考えられる主成分を選択して合成する手法(手法B)の有効性が示されたと考えられる。

8.3. 形状とテクスチャの効果量の比較について

形状とテクスチャそれぞれが品性印象変換に及ぼす効果量について考察する。手法Bの印象変換では、形状、テクスチャともに因子得点は品性を高める操作に伴って上昇していた。図5(B)、図5(C)にあげた因子得点変化を見ると、品性を高めようとして画像を操作すると積極性・力量性という異なる印象も高まることがわかる。3つの印象全てに共通することは、手法Bによる合成の場合のみ形状操作・テクスチャ操作を行った際の因子得点が上昇していることである。品性印象を操作しようとした場合に積極性・力量性という印象も操作されていることから今回選択した主成分が品性のみではなく他の印象にも影響を及ぼしていることが示唆される。しかし品性印象の場合のみ形状操作の因子得点とテクスチャ操作の因子得点が平行して上昇している。すなわち手法Bのパラメータ選択によるイメージ変換は、テクスチャ操作と形状操作が同程度に評価される品性印象に影響を与え、形状とテクスチャがバランスよく、加算的に寄与することが示された。

9. むすび

本論文では、形状ベクトルとテクスチャベクトルをそれぞれ独立に主成分分析することによって顔の多様性を少数のパラメータで記述した。品性の高い顔群と品性の低い顔群間の変換方向を表す印象変換ベクトルを算出し平均顔の印象を変化させたイメージを生成し主観評定実験を行った。本論文で新たに提案した手法は印象変換ベクトルを算出する際に品性印象変換に大きく寄与すると考えられるパラメータを予め選択し、選択されたパラメータのみを用いた点である。実験において、固有値の大きい順に選択した場合に比べて品性印象変換に大きく寄与すると考えられるパラメータを選択した場合の方が認知されたイメージ変換強度は大きかった。この結果から、品性印象変換において選択したパラメータの妥当性、またパラメータを選択する手法の有効性が確認された。

10. 今後の展望

今回、感性心理学的評価によって印象変換ベクトルの有効性が確認された、品性という高次印象に寄与する顔画像の物理的パラメータを選択する手法を、顔の3次元モデルに拡張して適用する実験を進めている[10]。顔の3次元モデルは2次元画像に比べて、立体感をもたらす印象の違いをより明確に表現可能と思われる。本手法が3次元モデルにおいても有効に活用できることが明らかになれば、よりリアリティの高い顔の印象操作が実現できるのではないかと期待している。

謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会の科研費(基盤研究(B)15300076)の助成を得た。記して謝意を表す。また、実験に協力して頂いた被験者の方々に感謝いたします。FUTONシステムならびに顔データベースは、(株)ATR人間情報通信研究所において顔認知の心理実験遂行のために開発・収集されたものである。開発・整備に携わった関係各位に感謝します。

文献

- [1] V. Bruce, *Recognizing Faces*, Lawrence Erlbaum Assoc., London, 1988
- [2] S. Hashimoto, "KANSEI as the Third Target of Information Processing and Related Topics in Japan," *Proc. KANSEI-The Technology of Emotion, AIMI International Workshop*, pp.101-104, Oct. 1997
- [3] T. Vetter and N. Troje, "A separated linear shape and texture space for modeling two-dimensional images of human faces," *Max-Planck-Institut furbiologische Kybernetik, Technical Report*, No.15, 1995
- [4] 小林敏和, 大岡正孝, 大竹俊輔, 赤松茂, "形状とテクスチャの特徴空間における線形判別関数を用いた顔イメージの生成 - 年齢・性差に関する印象変換の試み -," *日本顔学会誌*, vol.4, no.1, pp.33-44, Sept. 2004
- [5] 作田由衣子, 行場次朗, "顔と名刺の印象と記憶容易性," *イメージ心理学研究*, vol.1, pp.73-80, 2003
- [6] 行場次朗, 箱田裕司, "知性と感性の心理 認知心理学入門," 福村出版 2003
- [7] 岩下豊彦, "SD法によるイメージの測定," 川島書店, 1983
- [8] 蒲池みゆき, 向田茂, 吉川左紀子, 加藤隆, 尾田政臣, 赤松茂, "顔・表情認知に関する心理実験のための顔画像合成システム," *信学技報*, HIP97-39, pp.73 - 80, Jan. 1998
- [9] 蒲池みゆき, "ATR顔表情データベース (DB99) 概要," TR-H-305, ATR 人間情報通信研究所テクニカルレポート, Feb. 2001
- [10] Y. Okada, M. Ohzu, T. Sakurai, M. Inaba and S. Akamatsu, "Automatic Impression Transformation of Faces in 3D Shape -A Perceptual Comparison with Processing on 2D Images-," *IEEE 7th Intl Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition(FG2006)*, Southampton, UK, April 2006にて発表予定