原著論文

Vol.13 No.3, 2011

類似度と好感度を両立する個人化アバタのデフォルメ法の検討

平家 雅之[*1]　川崎 裕達[*1]　田中 貴紘[*1]　藤田 欣也[*1]

Study on Deformation Rule of Personalized-Avatar for Producing Sense of Affinity

Masayuki Heike,[*1] Hiroto Kawasaki,[*1] Takahiro Tanaka[*1] and Kinya Fujita[*1]

Abstract – In avatar-mediated communication, there is concern that the deference between user's and avatar's appearances detracts the sense of affinity. However, the personalized avatar did not produce the favorability against the expectation. In this study, a general deformation rule independent from the aspects of the model was discussed by comparing the sixteen cartoonish deformed portraits to the originals. An avatar personalize tool based on the averaged deformation proportions was developed. It was experimentally confirmed that the deformed-personalized avatars tend to produce the more sense of affinity.

Keywords : Communication, Avatar, Avatar Personalization, Deformer

1. はじめに

広帯域ネットワーク回線の普及に伴い，チャット類を始めとする多様なマルチユーザ型のコミュニケーションシステムが開発されてきた．特にビデオチャットは他のチャット方式と比べ，相手の表情やジェスチャなどを確認しながら会話できるため，対面に近いコミュニケーションが期待できる．しかしカメラによる撮影は，ユーザの周辺環境など意図しない個人情報を伝送する可能性が懸念される．そこで，撮影画像をそのまま転送せず，エッジ抽出による線画処理を加えるプライバシの保護などが検討されている[1]．これに対し，本人の映像の代わりに，ユーザの代理としてのアバタを利用したシステムの研究も盛んに行われており，近年では商業的にも広く普及している．

アバタ・コミュニケーションでは，対面会話において 93 %を占めるとも言われる[2]，視線やジェスチャなどの非言語情報[3]が欠落することが指摘されている．この問題に対し，感情種が表示されたアイコンをマウスで直接操作し，相手アバタの表情を意図的に制御する研究[4],[5]や，カメラ映像から顔の特徴点を抽出し，相手に表示されるアバタの表情を自動制御するシステム[6]，さらに，発話を利用したうなずきの制御[7]や，音声情報に基づく表情制御[8],[9]など，様々な視覚的非言語情報をアバタに付加する研究が行われている．

特に，SecondLife[10]に代表されるような 3 次元仮想空間上のオンラインコミュニケーションシステムにおいては，アバタの外見は使用者がカスタマイズ可能な限られた要素であることから，非言語情報の中でも重要なアイデンティティ表出手段の一つとなる．また，キャラクタの外見は，相手に与える印象やコミュニケーションの質に影響を与えることが指摘されており[11],[12]，アバタを介したコミュニケーションにおいても，外見は会話に大きく影響するものと予想される．

そのため，より実際の対面会話に近い会話感の実現に向け，アバタとユーザ間の外見の不一致を解消する個人化アバタ[13]~[15]の研究が行われてきた．しかし，個人化アバタは，形状をモデル人物に単純に適合しても親近感や好感にはつながらず，不気味の谷現象[16]と類似した問題が見られた．

そこで著者らは，マルチユーザ型アバタコミュニケーションシステムにおける，会話の相手の特徴を反映しつつ好感をもたらす個人化アバタの実現を目指し，マンガのデフォルメされた人物画が広く親しまれている点に着目し，マンガ風人物画のデフォルメ傾向を抽出することで，個人化アバタの好感度を改善するデフォルメ方法の可能性を検討してきた[17]．

本研究では，顔特徴に加えて年齢や性が異なるモデルを対象に作成したマンガ風人物画のデフォルメ傾向を分析したところ，モデルの顔形状特徴に依存しない普遍的なデフォルメ傾向の存在が示唆された．さらに，抽出されたデフォルメ傾向を平均した単一のデフォルメ則が，モデルの顔特徴や年齢に依らず，顔画像をもとに形状を個人化したアバタの類似度を損なわずに好感度を改善する可能性が示されたので報告する．

以降，本論文は，まず 2 章にて関連研究について述べた後，3 章にマンガ風人物画のデフォルメ傾向の分析と分析によって得られた平均デフォルメ則について述べる．次いで 4 章にて評価実験の結果と分析，5 章

*1: 東京農工大学大学院
*1: Graduate School, Tokyo University of Agriculture and Technology

にて考察を述べた後，6 章でまとめる．

2.　関連研究と本研究の位置づけ

2.1　アバタの機能と外見

アバタは遠隔コミュニケーションにおけるユーザの代理者であり，チャットシステム等によって利用される場面が増えている．特に，音声チャット環境においては，アバタの挙動を自然なものにし会話を円滑にする目的で，会話音声の韻律情報等を利用した，うなずきや視線などのノンバーバル情報の表出が試みられている [7]~[9]．

このとき，話者にとってのアバタは自己の代理者であり，ノンバーバルな自己表現手段としての機能を有する．そのため，多くの商用システムが多様なアバタ外見のカスタマイズや装飾の機能を提供している．したがって，受話者から見た話者のアバタは，話者の意図や属性を反映した代理者として解釈されるものと考えられる．すなわち，アバタの外見は，受話者になんらかの心理的影響を与えるものと考えられる．この外観のコミュニケーションへの影響の可能性は，キャラクタの外見によって相手に与える印象が異なり，結果的にコミュニケーションの質や結果に影響を与える可能性 [11],[12] からも支持される．

ここで，3 次元仮想空間等における，現実世界と結びつきの強い知人同士の会話場面を想定した場合，実際の外見と大きく異なるアバタ像を用いると，会話の相手とアバタの外見の間に非同一性が生じ，受話者に違和感を生じさせる可能性が懸念される．そこで，話し相手を本人であると視覚的に認識可能な程度に外見を個人化したアバタを用いることで，外見の非同一性による違和感を回避しつつ，ユーザの周辺環境など個人情報の保護を可能とする環境が実現されるものと期待される．

2.2　アバタ顔形状の個人化と不気味の谷問題

アバタを作成するツールはさまざまな場面で用いられており，特に，顔部品を選択して構成する方法は，ゲーム機やチャットシステムなど，広く使用されている．しかし，特定の個人に類似したアバタを作成しようとすると，用意された顔部品の中からしか選択できないことや，部品選択に主観的判断が必要になることなどから，意図した形状の作成には困難が伴う．他方，顔画像をもとに標準頭部モデルの 3 次元形状を個人に適合させる方法の研究が様々な研究機関で行われ，その一部は公開されている [13]．筆者らも，先行研究と同様に，頭部形状をインタラクティブに編集するツール，Avatar Editor [14] の開発を行ってきた．

これらのツールは，ユーザの正面と横からの顔画像を背景とした状態で，マウスとキーボードによる GUI 操作によってアバタの 3 次元形状を顔画像に適合することで，個人化アバタの作成を可能にした．しかし，形状の個人化によって類似度を高めたアバタは必ずしも好感にはつながらず，むしろ好感度が損なわれる，不気味の谷現象 [16] と類似した問題が発生した [14]．そのため，個人の顔特徴を反映しつつ，同時に，話者と受話者の両者に好感を与えるように適切にデフォルメされたアバタの作成を支援する機能の実現が望まれる．

2.3　顔形状の個人化とデフォルメ

個人の特徴を反映しつつデフォルメされた顔画像の作成に関しては，似顔絵作成支援ツールの研究が広く行われている．平均顔画像と対象顔画像の差を求め，差を強調する方法 [18] は，スキルを必要としない似顔絵の自動生成を可能にした．さらに，対象人物の顔の特徴に加えて，様々な描き手の個性を反映した似顔絵作成システムの研究もされている [19]．これらは，モデルの顔特徴の自動抽出と誇張を支援する方法に関する研究と考えることができる．これらの手法を，3 次元形状を持つアバタに適用しようと考えた場合，まず，平均顔形状との差分を 3 次元で行う必要がある．また，得られた差分が適切に個性を反映するか，誇張のためのルールをどのようにして得るか，なども検討する必要が生じる．さらに，アバタチャットシステムへの応用を考えた場合，似顔絵における誇張技法は多様であり，必ずしも描かれるモデルに好感を与えるものばかりではない点に留意が必要である．アバタ・コミュニケーションにおいては，話者も受話者も抵抗感なく受容可能な，好感を与える外観である必要があることから，個人の顔特徴の反映は必要であるが，過度の誇張は，自身の代理者としての使用の障害となる可能性が懸念される．

そこで本研究では，類似度を保ちつつ好感をもたらすアバタの実現にむけ，図 1 のように好感度と類似度の軸を考える．類似度の高い個人化アバタが好感を与えない場合がある一方で，マンガやアニメーションにおける人物画の多くはデフォルメされた外見を持ち，多くのユーザに親しみを持って受け入れられている．また，その多くが大きな目を持ち，一定の傾向を有しているように見受けられる．よって，多くのユーザに好感を持って受け入れられる，モデルの顔特徴に依らない共通のデフォルメ傾向が存在する可能性が予想される．

すなわち，特徴を誇張するデフォルメではなく，マンガの人物像のようなデフォルメを施すことによって，モデルの個性に依らず，アバタの外観に対する好感度が改善され，類似度と好感度を両立させる，親近感のある個人化アバタが実現されるものと期待される．

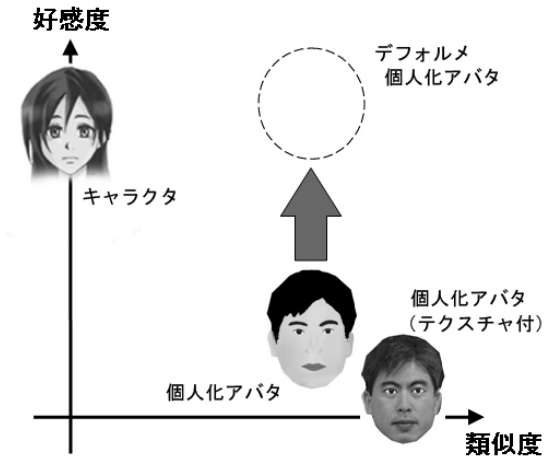

図 1　デフォルメ個人化アバタ
Fig. 1　Personalized and deformed avatar.

2.4　年齢や性のデフォルメへの影響の可能性

人の顔形状は，成長に伴って変化する．青年男性モデルを対象に描かれたマンガ風人物画を分析した予備実験では，顔部品の下方移動傾向が観察された[17]．すなわち，顔形状の低年齢化が見られた．このことは，モデルの年齢によって，デフォルメの程度が異なる可能性を予想させる．また，一般に成人女性は化粧をする社会習慣があるため，主観的な印象は，化粧時の外見との関連が強いと予想される．そのため，一定の技法によるデフォルメであっても，性別によってデフォルメ傾向が異なる可能性が考えられるため，検討が必要である．

3.　マンガ風人物画のデフォルメ傾向の分析

3.1　デフォルメ傾向の分析方法

人物画には，モデルの特徴を誇張した実際の顔に近い写実的な似顔絵や，デフォルメを基本とした若年層向けマンガのキャラクタ画など，様々な手法がある．日本人に好まれるキャラクタ画に関する研究[20] を参考に，絵画風のリアルな作風やマンガ風の作風など数種類を用意し，大学生を対象に聞き取りを行ったところ，特にデフォルメを施したマンガ風人物画が好まれた．そこで本研究では，マンガ風デフォルメ人物がもたらす好感を検討するために，漫画研究部に所属する大学生 1 名に人物画の制作を依頼し，そのデフォルメ傾向を分析することで，類似度と好感度につながる標準デフォルメ則の可能性の検討を行った．また，デフォルメの技法や程度が，モデルの顔特徴や年齢，性別に応じて使い分けられている可能性があることから，モデルは 20 代と 40 代の男女各 4 名，計 16 名を対象とし，丸顔や細面，丸い目や細い目など，多様な顔形状のモデルを選定した．被験者には，書面を用いて実験の主旨を説明し，同意を得た後に正面と側面から写真を撮影し，撮影した写真を用いて実験を実施した．

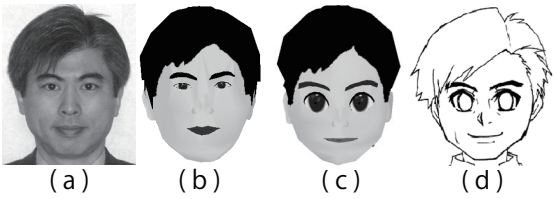

図 2　マンガ風人物画を参考にしたリアルアバタのデフォルメ例
Fig. 2　Example of deformed avatar based on cartoonish portrait.

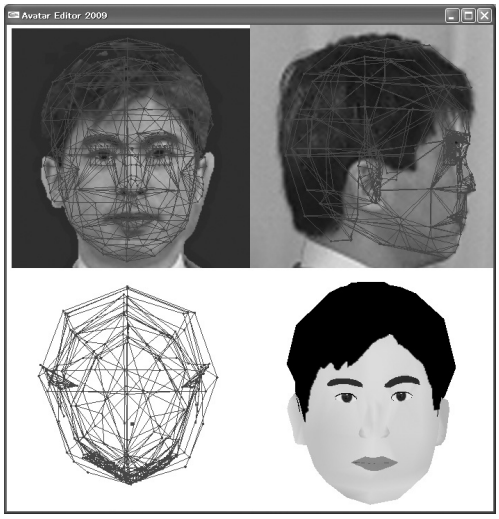

図 3　Avatar Editor の操作画面
Fig. 3　Screen shot of Avatar Editor.

実験では，図 2(a,b) に示すように，筆者らが開発してきた Avatar Editor を用いて顔画像に適合させることで個人化したアバタ（以下リアルアバタと表記）と，図 2(d,c) のようなマンガ風人物画に適合させたデフォルメアバタの，各顔部品の大きさや位置を比較することで，モデルのデフォルメ傾向を分析した．

図 3 に Avatar Editor の操作画面を示す．4 分割された画面は，ワイヤーフレームモデルの三面図と，完成図（右下）で構成される．髪を除くアバタの顔形状は，形状適合操作の軽減に配慮し，398 頂点と 539 面で構成した．ユーザは顔を構成する各部品（眉，目，眼球，鼻，口，耳，輪郭）の拡大・縮小および移動と，個々の頂点の編集，髪の作成と笑顔アニメーションの編集によって，個人化アバタの作成を行う．髪作成を除く操作所要時間は，ツールの使用方法を習熟したユーザで 30 分から 1 時間程度である．

3.2　デフォルメパラメータの定義

これまでの予備実験では，以下のような共通のデフォルメ傾向が観測された．

- 目の拡大
- 鼻・耳・口の縮小

- 各顔部品の下方移動

そこで本研究では，顔の各部品（眉，目，鼻，口）に対して，部品の幅と高さそれぞれに対する拡大率 α と，部品を顎の端点に向かって下方向に移動させる下方移動係数 β を定義し，デフォルメ傾向の指標とした．また，以降では，これらを総称してデフォルメパラメータと呼ぶ．拡大率αは，デフォルメアバタとリアルアバタの顔部品の特徴点座標 P'_i，P_i，部品の重心座標 P'_M，P_M を用いて，式 (1) で定義した．同様に，部品の下方向への移動係数 β を，顎先の座標 A_{min} を用いて式 (2) で定義した．

$$\alpha = (P'_i - P_M)/(P_i - P_M) \tag{1}$$

$$\beta = (P_i - P'_i)/(P_M - A_{min}) \tag{2}$$

3.3　モデルの顔特徴とデフォルメパラメータ

デフォルメ傾向の分析に際し，モデルの顔形状の多様性の検証のために，モデル全 16 人の各顔部品（眉，目，鼻，耳，口）の幅と高さのばらつきを求めた結果を図 4(a)，(b) に示す．それぞれ，顎の端点から頭頂部まで長さにより除算し，正規化した値で表記した．

部品幅の最大値と最小値との差の平均値は約0.06であり，実際の大きさに換算すると，顔の高さを 20cm と仮定した場合に1.2cm の差となる．特に，口と鼻の幅に大きな差が見られた．同様に，高さの最大値と最小値の差の平均値は約 0.05 となり，実寸換算で 1.0cm となった．また，モデルの顔幅も比較したところ，最大値と最小値の差が 0.12，実寸換算で 2.4cm に相当し，多様な顔形状を持つモデルが選定されていることが確認できる．

表 1 に 20 代女性をモデルとした場合のデフォルメパラメータ，表 2 に 40 代男性のデフォルメパラメータを示す．また，モデル 16 人の年代性別平均と全平均を求めたものを，表 3 に示す．年齢の 2 群を t 検定により比較したところ，口は 1 %水準，それ以外の部品は 5 %水準で，40 代モデルより 20 代モデルの下方移動率が有意に高いことが確認された．また，性別の 2 群で比較した場合，男性より女性の方が鼻や口の顔部品の拡大率が有意に低い傾向を示した．

さらに，抽出されたデフォルメパラメータが，モデルの顔特徴にどの程度影響を受けているかを検討するために，特に大きく変形される目部品を対象として，モデルの目の大きさとデフォルメパラメータとの関係を分析した．

具体的には，モデルごとにリアルアバタの顔面積に占める目の面積率と縦方向位置（両目の平均値）を算出し，これらの値から全モデルの平均値を減算した残差と，モデルごとのデフォルメパラメータ（縦方向拡大率，横方向拡大率，下方移動率）の相関分析を行った．モデル間の目の大きさや位置のばらつきと，デフォルメパラメータの相関を図 5 に示す．

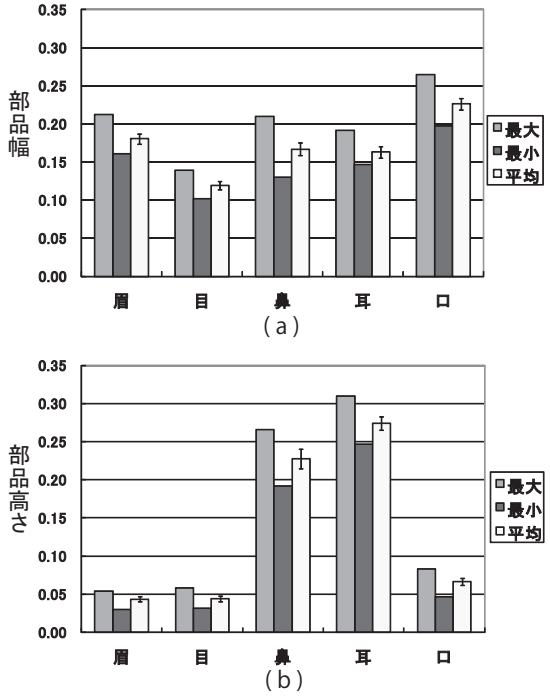

図 4　モデル間の各顔部品の (a) 幅と (b) 高さのばらつき
Fig. 4　Variation of (a) width and (b) height of facial parts among models.

分析の結果，モデルの目の大きさと，横の拡大率との間にはほとんど相関が見られなかったのに対し，縦の拡大率には強い負の相関が見られ，目の小さいモデルほど拡大率が高くなる傾向が確認された．これは，個性の誇張とは逆の傾向で，モデルの目の大きさの相違が縮小される方向のデフォルメだされていたことを意味する．また，目の位置と下方移動率の間には弱い相関が見られたが，下方移動率が極端に小さいモデル 1 名を除くと $R = -0.075$ で相関が見られなくなった．

すなわち，本研究で分析したマンガ風人物画の作者は，年齢や性に応じてデフォルメの加減をしていたことが伺われたが，個人の顔特徴に関わらず，目の拡大と顔部品の下方移動という一定の傾向を持ったデフォルメを施していた．

3.4　平均デフォルメ則の実装

個人の顔特徴に依らない一定のデフォルメ技法が存在する可能性が示されたことから，本研究では，表 3 中に示す，モデル 16 人のデフォルメパラメータの平均値を，Avatar Editor [14] に実装した．以降では，平均デフォルメ則と呼ぶ．実装に際しては，式 (1)，(2) の特徴点とデフォルメパラメータの関係を利用して，各特徴点を自動的に移動させることにより，デフォルメ

表 1　20 代女性のデフォルメパラメータ
Table 1　Deformation parameters (20s, female).

部品		モデル A	モデル B	モデル C	モデル D
拡大率 (x)	眉	1.10	1.07	1.22	1.26
	目	1.78	1.63	1.56	1.49
	鼻	0.67	0.61	0.52	0.57
	口	0.92	0.87	0.89	0.96
拡大率 (y)	眉	0.95	0.93	0.64	0.52
	目	2.70	2.73	2.59	2.66
	鼻	0.66	0.58	0.52	0.51
	口	0.49	0.32	0.48	0.50
下方移動率	眉	0.06	0.14	0.18	0.15
	目	0.22	0.29	0.26	0.25
	鼻	0.18	0.25	0.23	0.26
	口	0.22	0.24	0.23	0.15

表 2　40 代男性のデフォルメパラメータ
Table 2　Deformation parameters (40s, male).

部品		モデル A	モデル B	モデル C	モデル D
拡大率 (x)	眉	0.88	1.15	1.13	1.26
	目	1.42	1.63	1.62	1.58
	鼻	0.81	0.75	0.84	0.77
	口	1.18	1.05	1.03	1.01
拡大率 (y)	眉	1.29	0.71	1.17	0.84
	目	2.55	2.85	2.70	2.94
	鼻	0.73	0.76	0.85	0.80
	口	0.55	0.93	0.70	0.48
下方移動率	眉	-0.04	0.04	0.11	0.09
	目	0.08	0.22	0.22	0.20
	鼻	0.08	0.20	0.16	0.20
	口	0.01	0.15	0.13	0.15

表 3　デフォルメパラメータの年齢別・性別平均値と全平均値
Table 3　Average deformation parameters (divided by age, sex and all).

部品		20 男	20 女	40 男	40 女	平　均
拡大率 (x)	眉	1.09	1.16	1.10	1.10	1.11
	目	1.50	1.61	1.56	1.53	1.55
	鼻	0.85	0.59	0.79	0.77	0.75
	口	0.99	0.91	1.07	1.00	0.99
拡大率 (y)	眉	1.16	0.76	1.00	0.96	0.97
	目	3.03	2.67	2.76	2.90	2.84
	鼻	0.88	0.57	0.79	0.81	0.76
	口	0.66	0.45	0.67	0.60	0.59
下方移動率	眉	0.11	0.13	0.05	0.09	0.10
	目	0.24	0.26	0.18	0.22	0.22
	鼻	0.26	0.23	0.16	0.21	0.22
	口	0.27	0.21	0.11	0.19	0.19

機能を実装した．また，付加機能として，デフォルメによる顔形状の破綻を防止するため，左右の目の間の最短距離と，下方移動限界距離（顎先の y 座標と口の重心座標の距離）を設定する補助パラメータを設けた．

平均デフォルメ則によるアバタの生成例を図 6 に示す．図 6（b）のアバタは，顔画像に適合したリアルアバタに対して平均パラメータを用いた自動デフォルメを適用したものであるが，マンガ風人物画に適合させた図 6(a) のアバタと比べても大きな形状破綻はなく，

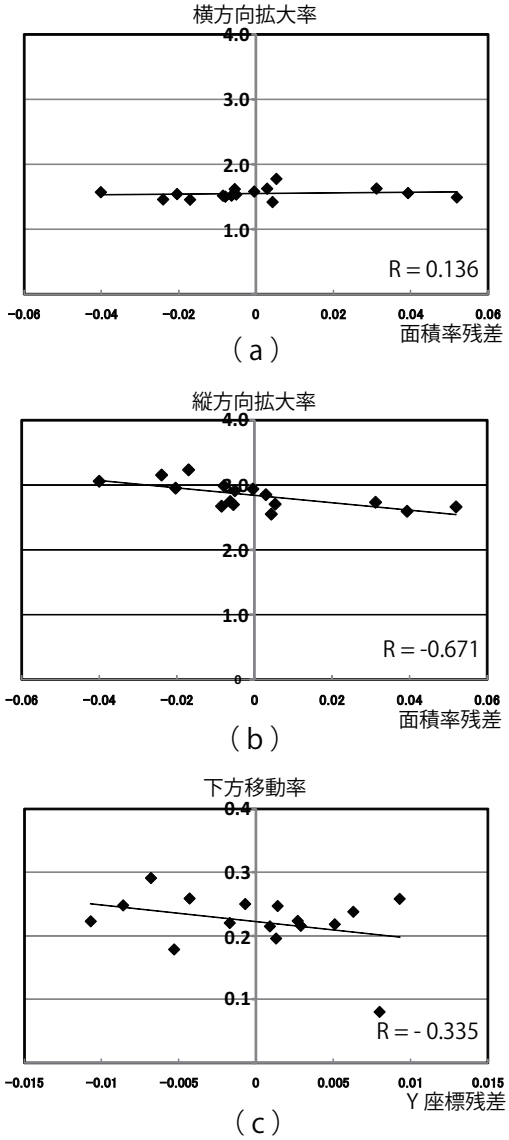

図 5　モデル間の目部品のバラつきと (a) 横方向拡大率 (b) 縦方向拡大率 (c) 下方移動率
Fig. 5　Relationship between size of eye part and average deformation parameters, (a) width, (b) height and (c) downward translation.

平均デフォルメ則の有用性が推察される．

4.　主観評価実験

本章では，平均デフォルメ則を顔特徴や年齢，性が異なるモデルに適用した時の，主観的印象のばらつきの評価を目的に実施した実験の結果について述べる．

4.1　実験方法

実験では，まず，平均デフォルメ則によるデフォルメをデフォルメ度（以下，D 度と表記）=1.00 とし，5 段階（0.00, 0.33, 0.67, 1.00, 1.33）の D 度に応じてデフォルメパラメータを線形変化させることで，1 人のモデルから 5 種類のアバタを作成した．そして，モデル 16 人分の D 度の異なる 5 種類のアバタ（合計 80

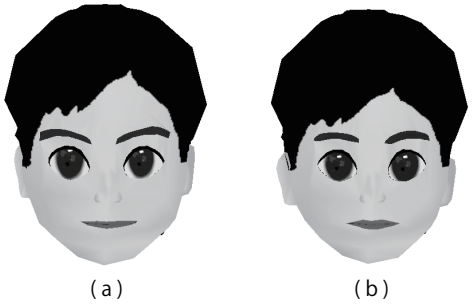

図 6　デフォルメ個人化アバタの比較 (a) マンガ風人物画に適合 (b) 顔画像に適合後に自動デフォルメ

Fig. 6　Comparison of deformed avatars (a) adapted to cartoonish portrait and (b) automatically deformed after adaptation to photo.

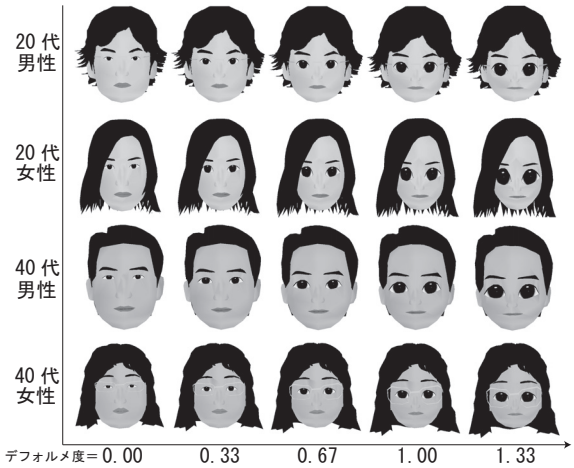

図 7　20 代〜40 代モデルのデフォルメ個人化アバタ例

Fig. 7　Examples of deformed avatar (20s male/female, 40s male/female).

種類）に対し,「類似度」「好感度」「使用意欲」について主観評価させた．類似度は，”アバタがモデル本人に似ているか ”の度合いとし，好感度は，”アバタに好感を持つか ”の度合いとした．また，使用意欲は，このアバタをオンラインコミュニケーションで ”自分のアバタとして使いたいか・本人に使ってもらいたいか ”の度合いとした．各評価は 5 段階の主観評価値とし,「1：全く思わない，2：思わない，3：どちらともいえない，4：思う，5：強く思う」として回答させた．被験者へのアバタの提示は，モデルごとにデフォルメ度の異なる 5 種類のアバタを 1 枚の紙にカラー印刷したものを用いた．

また，顔写真等のモデル本人に関する情報は提示せず，モデルと面識のある被験者には自身の記憶と比較して類似度を評価させ，面識のないモデルに対しては評価させなかった．個人化アバタは，オンラインコミュニケーション時に本人像の代替として表示することを想定しているため，物理的な形状ではなく，主観的な印象により近いほどアバタの類似度が高いと考えたためである．その結果，モデル 1 人に対し平均 15 名の被験者が類似度評価を行った．実験では提示時間の統制は行わず，被験者 1 人当たりの実験時間は 10 分から 15 分程度，平均評価回数は 195 回であった．被験者は 20 代から 40 代の男女 31 人とした．被験者の内訳は，20 代男性 11 人，20 代女性 7 人，30 代男性 2 人，40 代男性 5 人，40 代女性 6 人で，各モデルの人物と面識があるとした被験者の延べ人数と，ないとした被験者の延べ人数が同程度になるよう選定した．また，順序効果を考慮し，被験者ごとに提示するモデルの順序を変更した．図 7 に 20 代〜40 代の男女をモデルとした D 度の異なる個人化アバタ生成例を示す．性差と年代差を問わず，提案する平均デフォルメ則により，同様のデフォルメ個人化が確認できる．

4.2　実験結果

(1) 全体傾向と個人差

各評価項目の主観評価平均値を図 8 に示す．デフォルメによる印象改善効果を検証するため，各評価項目に関して D 度を要因とする，被験者内要因の 1 要因分散分析を行った．分析は，各被験者の 16 モデルの D 度 5 水準（D=0.00, 0.33, 0.67, 1.00, 1.33）に対する評価値の平均を算出し，31 人× 5 水準のデータ表を作成して行った．

まず，好感度においては，F(4,120)=32.13 となり D 度の主効果が 1 %有意で確認されたため，Bonferroni 法による多重比較を行ったところ，D 度 0.33 と 0.67 との間，0.33 と 1.00 との間を除く全水準間で有意差が確認された（$p < 0.01$）．よって，好感度は D 度が高くなるにつれ上昇し，0.67 で最大となると言える．特に，D 度が 0.33〜1.0 までのデフォルメ形状の好感度は，全てリアル形状（D 度=0）の好感度を上回る結果となった．使用意欲も，F(4,120)=33.36 となり D 度の主効果が 1 %有意で確認され，多重比較の結果は好感度と同様の傾向を示した．また，類似度は，F(4,120)=72.97 となり，同様に D 度の主効果が 1 %有意で確認された．多重比較の結果，0 と 0.67 との間を除く全水準間に有意差（$p < 0.01$）が確認され，0.33 は他の全水準より有意に高いことが確認された．よって，類似度は実際の顔形状に近い D 度 0 ではなく，デフォルメされた 0.33 で最大となり，1.0 以上でリアル形状より低いと言える．

また，モデルに対して面識のある評価者と面識のない評価者の好感度と使用意欲の比較を図 9 に示す．D 度と面識（あり，なし）を要因とする 2 要因混合計画による分散分析を行ったところ，好感度と使用意欲

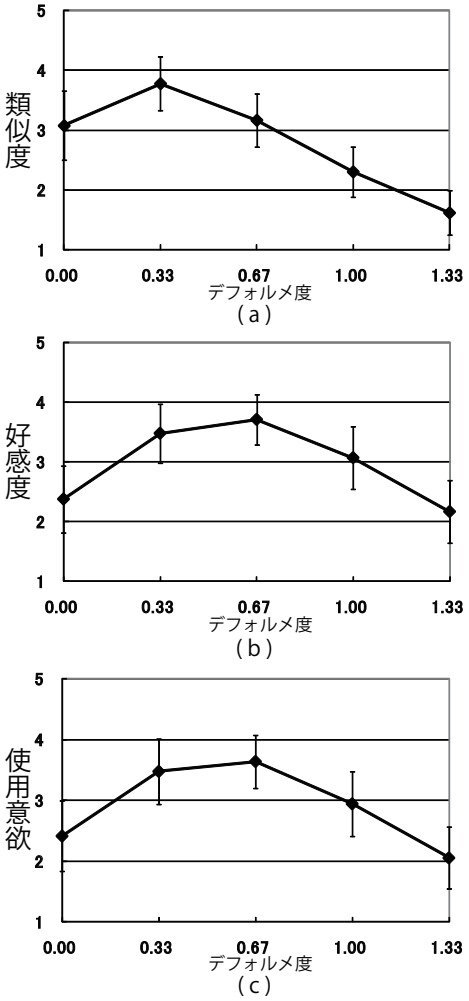

図 8　主観評価結果 (a) 類似度,(b) 好感度,(c) 使用意欲

Fig. 8　Subjective evaluation scores about (a) similarity, (b) likability and (c) favorabilityl.

に共通して，D 度の主効果のみ 1 %で有意（好感度：F(4,236)=48.55，使用意欲：F(4,236)=50.24）となり，交互作用は認められなかった．多重比較の結果も全体傾向と同様であった．よって，最適な D 度が面識の有無によって変化することはなく，デフォルメによる印象改善効果に影響しないと考えられる．

さらに，モデルの顔特徴とデフォルメによる好感度改善効果の関連を調べるため，モデルの目の面積と位置に対する好感度の最大値との関係を分析した．モデルによっては，最大好感度を取る D 度は必ずしも 0.67 で一致しないため，好感度の最大値とモデルの顔特徴との相関分析とした．散布図を図 10 に示す．両者の間には相関が見られず，モデルの顔特徴は，今回のデフォルメアバタの主観的好感度には影響しなかったと言える．すなわち，リアルアバタの好感度を改善する，モデルの顔特徴とは関連しない一定のデフォルメ技法が存在することを示唆する結果となった．

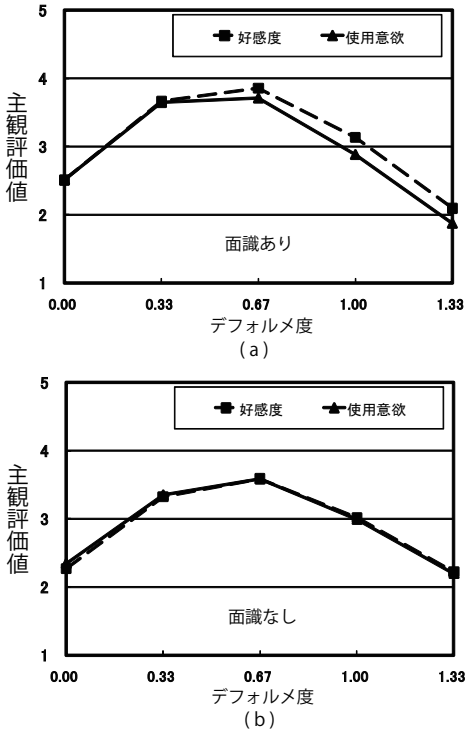

図 9　主観評価結果 (a) 面識あり,(b) 面識なし

Fig. 9　Subjective evaluation scores (divided by (a) acquainted subjects and (b) unacquainted subjects).

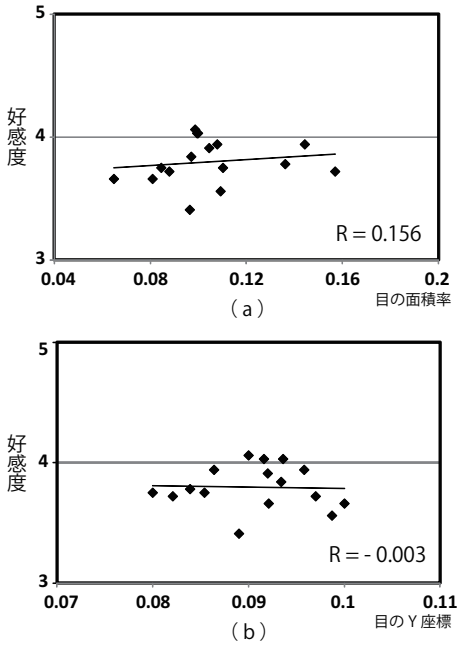

図 10　好感度とモデル間の目部品の (a) 面積率 (b) 縦方向位置

Fig. 10　Relationship between likeability and (a) size (b) vertical position of eye.

(2) モデルの年齢・性による評価の違い

デフォルメによる印象改善効果が確認されたため，最適な D 度に年齢・性別が影響する可能性の検証を目

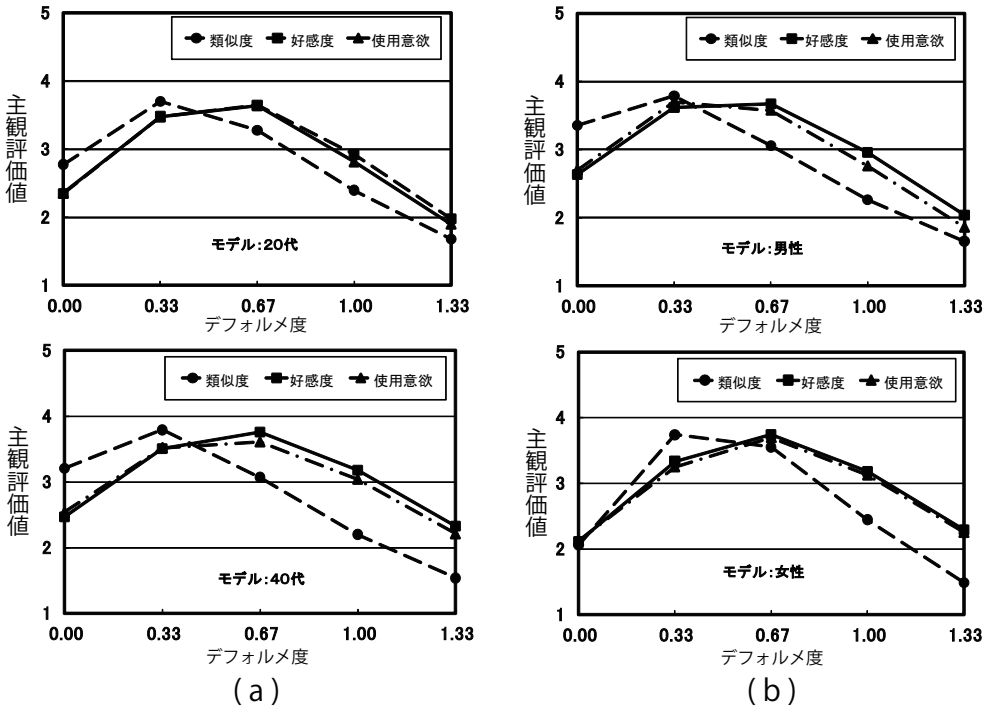

図 11　モデルの年齢別・性別の主観評価結果
Fig. 11　Relationship between deformation levels and subjective scores (divided by (a)age (b)sex of models).

的に，モデルの年齢と性の違いによってデフォルメ個人化アバタの主観評価に差異が生じるか分析を行った．図 11(a) にモデルの年齢ごとの評価結果，図 11(b) にモデルの性別の評価結果を示す．分析は，モデルの年代・性別ごとに，各被験者の各 4 モデルに対する D 度 5 水準（D=0.00, 0.33, 0.67, 1.00, 1.33）に対する評価値の平均を算出し，D 度・年代（20 代，40 代）・性別（男性・女性）の 3 要因混合計画の分散分析により行った．

類似度に関しては，F(4,480)=104.95 となり，D 度の主効果のみが 1 %有意で確認され，2 次交互作用は認められなかった．そこで，D 度・年代，D 度・性別，年代・性別のそれぞれで 1 次交互作用の検定を行ったところ，D 度と性別のみに 1 %有意で交互作用が確認された（F(4,236) = 15.9）．D 度の各水準における性別の単純主効果の検定の結果，D 度 0 で女性よりも男性の類似度が有意に高く（$p < 0.01$），0.67 で男性よりも女性が有意に高くなった（$p < 0.01$）．図 11(b) に示すように，女性モデルのアバタに対しては，D 度 0 の類似度が特に低く，0.33 をピークに 0.67 までの類似度がリアル形状を上回った．一方，男性モデルに対しては D 度 0.33 で最大となるのは女性と同じであったが，D 度 0 の類似度が女性より高く，0.67 では類似度がリアル形状を下回った．検定では年代の影響に関して有意な差は見られなかったが，図 11(a) に示すように，評価平均値は，40 代モデルで 0 の類似度が 0.67 よりも高い結果となった．先のデフォルメパラメータの分析結果において，下方移動率が 40 代群で若干小さい傾向を示したことと定性的に一致する．

好感度は，F(4,480)=18.09 で 2 次交互作用が 1 %有意で確認された．そこで，年代・性別の D 度への影響を分析するため，D 度の各水準における年代・性別の単純交互作用の検定を行った．その結果，D 度 0（F(1,120)=12.21 ），0.33（F(1,120)=11.53），1.33（F(1,120)=23.52）において，それぞれ単純交互作用が 1 %で有意となった．この 3 水準における単純・単純主効果検定を行ったところ，0 と 0.33 で男性は女性よりも好感度が有意に高く（$p < 0.01, p < 0.05$），1.33 で 40 代は 20 代よりも好感度が有意に高くなることが確認された（$p < 0.05$）．図 11 に示すように，好感度は 0.67 で最大値となるが，デフォルメの程度が低い場合は女性よりも男性の好感度が高く，一方で，年齢による影響はほとんど確認されなかった．

使用意欲に関しても，2 次交互作用が 1 %有意で確認された（F(4,480)=19.35）．好感度と同様に下位検定を行った結果，D 度 0（F(1,120)=11.76 ），0.33（F(1,120)=7.91），1.00（F(1,120)=14.21），1.33（F(1,120)=30.66）において，それぞれ単純交互作用が 1 %で有意となった．単純・単純主効果検定の結果，0 と 0.33 で男性は女性よりも有意に高く（$p < 0.01$），

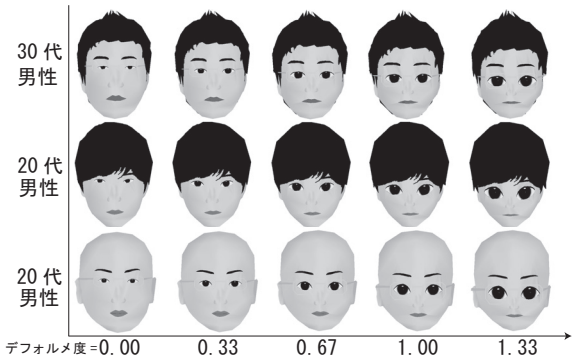

図 12　デフォルメ則抽出元以外のモデルへの適用例
Fig. 12　Examples of deformed avatar (unrelated models to rule extraction).

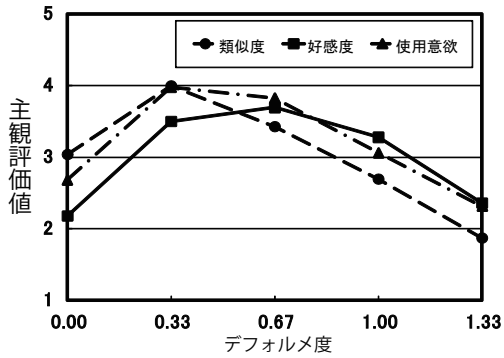

図 13　デフォルメ則抽出元モデル以外での主観評価結果
Fig. 13　Relationship between deformation levels and subjective scores (unrelated models to rule extraction).

1.00 で女性は男性よりも有意に高く（$p < 0.05$）なり，1.33 では女性は男性よりも，40 代は 20 代よりも有意に高い結果となった（$p < 0.01, p < 0.05$）．図 11 に示すように，好感度と同様の傾向を示す結果となった．すなわち，男性と比較して女性は，ややデフォルメ度が高い方が，類似度，好感度，使用意欲の評価が高くなる傾向を示した．

4.3　デフォルメ則抽出元モデル以外への適用

平均デフォルメ則抽出の元となったモデル以外へ，本デフォルメ則を適用した場合であっても，適切にデフォルメ個人化アバタが生成されるか検証するため，デフォルメ則抽出対象外の 20 代から 30 代の 3 人のモデルのアバタに対して，前節と同様の主観評価実験を行った．評価者は 20 代から 40 代の男女 12 人とした．生成したデフォルメ個人化アバタを図 12 に示す．抽出元となったモデル以外に本デフォルメ則を適用した場合であっても，大きな破綻なく適切にデフォルメされていることが確認できる．

また，主観評価実験の結果を図 13 に示す．4.2 節の全体傾向分析と同様に，各評価項目に関して D 度を要因とする，被験者内要因の 1 要因分散分析を行った．類似度は，F(4,44)=19.05 となり D 度の主効果が 1 %有意で確認され，多重比較により 0 と 0.67 との間を除く全水準間に有意差が確認された（$p < 0.01$）．また，好感度においても，F(4,44)=15.67 で D 度の主効果が 1 %有意で確認され，D 度 0.33 と 0.67 との間，0.33 と 1.00 との間を除く全水準間で有意差が確認された（$p < 0.01$）．使用意欲も，F(4,44)=17.82 と D 度の主効果に有意差（$p < 0.01$）が確認され，好感度と同様の傾向を示した．よって，主観評価の結果においても，デフォルメ則抽出元モデルに対する評価と同様に，類似度は D 度 0.33，好感度は 0.67 で最も高くなり，共にリアル形状より類似度と好感度が上昇していることが確認された．

5.　考察

5.1　顔特徴とデフォルメ傾向

本研究では，目の拡大と顔の全体的な下方移動というデフォルメ傾向に着目し，分析・実験を行った．今回の分析結果には，モデルの顔特徴の誇張傾向は見られず，逆にモデル間に共通した強いデフォルメ傾向が観察された．このデフォルメ傾向は，日本人に好まれるキャラクタ作画方法に見られる特徴[21] と共通する点が見られることから，顔特徴を反映し強調することよりも，好感をもたらすことに主眼がおかれた技法が，好ましいと感じた人物画の模倣や他者との主観的印象の共有によって，経験的に蓄積されたものと推察される．このようなデフォルメ傾向が好感をもたらす理由の一つとしては，現代日本において魅力的とされる顔形状特徴（大きい目，小さい鼻，小さい口）[22] との一致が考えられる．

先行研究で対象とされてきた，人物の顔特徴を強調する似顔絵作画手法は，対象人物の主観的印象と似顔絵の印象の一致度を向上させることを主たる目的としたデフォルメ手法であり，必ずしも好感度の改善を意図するものとは限らない．一方で，本研究で検討したデフォルメ傾向は，実験結果の通り，モデル人物にかかわらず，普遍的に好感度を改善していた．これら，方針の異なる 2 つのデフォルメ手法は，顔部品に対する変形の傾向が異なるため，例えば，特徴を誇張した後に本研究の平均デフォルメ則を適用するなど，デフォルメ強度の操作は必要であるが，基本的には同時に適用することも可能と考えられる．すなわち，先行研究の成果と組み合わせることで，さらに類似度と好感度を同時に向上させる，デフォルメ手法が実現されるものと期待される．

5.2　平均デフォルメ則

主観評価実験において，好感度と類似度の評価値が最大となるD度はそれぞれ0.7付近，0.3付近であった．本来の顔形状に適合したD度0のアバタよりも，軽度のデフォルメを施した方が，より類似していると評価された原因の一つとして，アバタには，目の周囲の影やしわなど，各顔部品周辺の特徴が反映されていない点が挙げられる．すなわち，実際の顔の各部品の主観的な大きさに，各部品の周辺の特徴が影響していた可能性が考えられる．

また，デフォルメ則抽出対象の16人のモデルは，多様な特徴を持つにもかかわらず，平均パラメータに基づくD度0.33と0.67のデフォルメアバタは，全モデルにおいてD度0のリアル形状アバタより，類似度，好感度ともに高く評価された．さらに，デフォルメ則抽出対象以外のモデルに対しても，同様の効果が確認された．適用対象者の顔形状の特徴に関わらず，単一デフォルメ則に基づくデフォルメによって，類似度を損なわずに好感を与えるアバタを自動生成できる可能性を示唆すると言える．

さらに，モデルに対して面識のある評価者と面識のない評価者の好感度と使用意欲に差は見られなかった．このことから，デフォルメによる好感度の変化は，モデルとの類似度とは独立と考えられる．したがって，平均デフォルメ則に基づくデフォルメは，アバタの作成対象が知人である場合に限らず，知人でない場合にも適用可能であり，同様の効果を持つと考えられる．

以上のように，マンガ風人物画の分析結果から得られた平均デフォルメ則は，モデルや観察者によらず，類似度を保ちつつ好感度を向上し，親近感のある個人化アバタの実現に寄与するものと期待される．

5.3　年齢と性の影響

デフォルメパラメータの分析結果では，モデルの年齢で比較した場合，40代モデルと比較して20代モデルの下方移動率が有意に高くなることが確認された．主観評価結果でも，40代モデルはD度0.67の類似度が0よりも低く，定性的に同傾向を示した．顔部品の下方への移動は，顔の印象の低年齢化に繋がると推測され，特に40代男性のモデルに対する強いデフォルメの適用には，“ 幼すぎる，威厳が損なわれる ”との内観報告もあった．加齢による変化も個人の属性と捉えられている可能性があり，デフォルメの際には考慮が必要である．

デフォルメパラメータの性別分析結果では，男性より女性の方が鼻や口の顔部品の拡大率が有意に小さくなっていた．主観評価結果でも，女性モデルのアバタは男性のアバタと比べて，デフォルメがより強い方が好感度・類似度とも高い傾向を示した．平均デフォルメ則は，目を拡大し鼻と口を縮小することから，分析結果と主観評価結果は定性的に一致する．成人女性おいては，実際よりも目を大きく見せる化粧が一般的であることから，顔部品の心理的な大きさが化粧の影響を受けている可能性が考えられる．ただし，モデルの性に関わらず，D度0.33から0.67程度のデフォルメによって類似度や好感度が改善する傾向は共通であることから，基本的なデフォルメ則や適度なデフォルメの程度は，ほぼ共通と考えて問題ないと見られる．

また，分析結果における年齢や性によるデフォルメパラメータの差異は，今回の人物画製作者による描き分けの結果，すなわち表現手法の一部と考えられる．下方移動率の調整によるアバタの年齢表現や，鼻・口の縮小による女性らしさの表現など，平均デフォルメ則に年齢と性を反映することで，さらに好感度の高いアバタが実現される可能性を示唆するものと考えられる．また，評価者が最も高い好感を持つD度には個人差があり，明確な傾向は確認されていない，年齢や性別による傾向が存在する可能性もある．実使用に際しては，使用者の嗜好に合わせてD度を自由に調節可能とする機能などの実装が望まれる．

5.4　実用化に向けた課題

評価実験に際して，リアルアバタ作成時の気づかない程度のわずかな形状の不自然さが，デフォルメによって強調されることがあった．特に，目は高さ方向に2倍以上拡大されるため，不自然な形状が目立つ場合が顕著で，デフォルメアバタの印象を損なう可能性が高くなる．実用に際しては，不自然な形状特徴を検出し，自動的に修正する機能などが望まれる．

また，開発したAvatar Editorは，顔部品ごとの拡大・縮小や移動を実装することで，操作時間の短縮を図ったが，全形状の個人化には30分から1時間を要した．画像処理によって顔の特徴点を検出[15]し，自動的に適合することで，頂点ごとの適合工数を低減するなど，アバタ作成作業の軽減が望まれる．

さらに，本研究では，同一人物が描いた16名のマンガ風人物画のデフォルメ傾向を分析し，顔特徴に依らず好感度を改善する共通デフォルメの可能性を見出した．しかし，マンガや劇画等における人物画の作画手法には，他にも多様な方法があることから，好感度をもたらす人物画の作成技法にも，ばらつきや個性がある可能性が予想される．今後は，デフォルメ則の多様性や，使用者の嗜好に応じたデフォルメ則の使い分けなども検討する必要がある．

6.　おわりに

本研究では，マンガ風人物画がもたらす好感に着目し，顔画像を元に描かれたマンガ風人物画のデフォル

メ傾向を分析し，モデルに依らない一定のデフォルメ傾向を確認した．そこで得られた平均デフォルメ則に基づき，顔画像に適合した個人化アバタを自動的にデフォルメする機能を実装した．さらに，主観評価実験により，平均デフォルメ則が，モデルの顔特徴や年齢，性，あるいは観察者に依らず，類似度と好感度を両立し親近感をもたらすデフォルメ個人化アバタの実現につながる可能性を示した．

得られた平均デフォルメ則に，さらにモデルの年齢や性別，使用者の嗜好などを反映することで，相手に好印象を与えつつ使用者自身も気兼ねすることなく，異なる年代間や異性間でコミュニケーションできる環境が実現されるものと期待される．アバタ個人化ツールの操作性の改善や，デフォルメ則の多様化，身体など顔以外の部分の個人化，などが今後の課題である．

謝辞

本研究の一部は，文部科学省特別教育研究費共生情報工学研究推進経費によるものである．ここに記して感謝する．また，似顔絵を提供頂いた青山氏，被験者・似顔絵モデルと協力して頂いた方々に感謝する．

参考文献

[1] 米村，花田，徳永，大谷: 1チャネルの線画映像コミュニケーションにおける対話ストラテジーと対話特性，第61回ヒューマンインタフェース学会研究会，Vol.12，No.3，2010.
[2] A. マレービアン著，西田司 [ほか] 共訳：非言語コミュニケーション，聖文社，1986.
[3] 黒川隆夫：ノンバーバルインタフェース，オーム社，1994.
[4] 楠見，小島，米田: 3 次元マルチユーザ仮想空間におけるコミュニケーション，表情アバターによる感情表出と理解，情報処理学会 65 回全国大会講演論文集，No.5,pp.439-442，2003.
[5] 石井，渡辺，大崎，伴: 意識的な手指動作入力による身体的アバタの操作特性分析，ヒューマンインタフェース学会論文誌，Vol.10，No.4，pp.85-94，2008.
[6] 沖電気: FaceCommunicator, http://www.oki.com/jp/FSC/vc/
[7] 渡辺，大久保，中茂，檀原：Inter Actor を用いた発話音声に基づく身体的インタラクションシステム，ヒューマンインタフェース学会論文誌，Vol.2，No.2，pp.21-29 2000.
[8] 宮島，藤田:音声チャットシステムにおける基本周波数と音圧を利用したアバタ制御法の提案，HIS2006，p701-704，2006.
[9] 石井，宮島，藤田: アバタ音声チャットシステムにおける会話促進のための注視制御，ヒューマンインタフェース学会論文誌，Vol.10，No.1，pp.87-94，2008.
[10] Second Life, Linden Research, Inc. http://secondlife.com/
[11] Henriette C. van Vugt, Elly A. Konijn, Johan F. Hoorn, Jolanda Veldhuis: Why Fat Interface Characters Are Better e-Health Advisors, Proc. of IVA2006, pp.1-13, 2006.
[12] Lynne Hall, Marco Vala, Marc Hall, Marc Webster, Sarah Woods, Adrian Gordon, Ruth Aylett: FearNot 's Appearance: Reflecting Children 's Expectations, Proc. of IVA2006, pp.407-419, 2006.
[13] 川本，下平，新田，西本，中村，伊藤，森島，四倉，甲斐，李，山下，小林，徳田，広瀬，峯松，山田，伝，宇津呂，嵯峨山: カスタマイズ性を考慮した擬人化音声対話エージェントツールキットの設計，情報処理学会論文誌，Vol.43，No.7，pp.2249-2263，2002.
[14] 平家，藤田: 仮想空間コミュニケーションにおける個人化アバタの有効性の検討，HIS2007，2007.
[15] 森，本田，安野，石橋: 人物顔形状を反映した 3 D デフォルメキャラクタ生成システムの構築，電子情報通信学会技術研究報告. HIP，ヒューマン情報処理 101(424)，pp.19-26，2001.
[16] 森政弘:「ロボット博士の創造への扉 第 27 回 不気味の谷：人型ロボットデザインへの注意」『ロボコンマガジン』28 号，オーム社，p49-51，2003.
[17] 平家，田中，藤田: 親近感につながるデフォルメ個人化アバタ作成ツールの検討，HIS2008，2008.
[18] 徐，金子，榑松：固有空間を利用した計算機による似顔絵の生成，電子情報通信学会論文誌 D-II，Vol.J84-D-II，No.7，pp.1279-1288，2001.
[19] 中州，苗村，原島：似顔絵画家の多様な誇張表現手法を反映した対話型似顔絵作成システムに関する基礎検討，映像情報メディア学会誌，Vol.63，No.9，pp.1241-1251，2009.
[20] 横田正夫：大学生におけるアニメーション・キャラクターの選好要因の検討，日本大学文理学部人文科学研究所研究紀要，No.54，pp.125-138，1997.
[21] 横田正夫：日本と外国のアニメーション・キャラクターにおける特徴比較，日本大学文理学部人文科学研究所研究紀要，No.60，pp.161-171，2000.
[22] 大坊，村澤，趙：魅力的な顔と美的感情：日本と韓国における女性の顔の美意識の比較，感情心理学研究，No.1，pp.101-123，1994.

（2011 年 2 月 7 日受付，6 月 15 日再受付）

著者紹介

平家　雅之

2009 年東京農工大学大学院工学府情報工学専攻修了．修士（工学）．在学中は，アバタ個人化ツールの開発と，類似度と好感度をリ両立するアバタ自動デフォルメの研究に従事．

川崎　裕達

2010 年東京農工大学工学部情報工学科卒業．現在，同大学院博士前期課程情報工学専攻在学中．デフォルメ個人化アバタへの年齢と性別の影響分析の研究に従事．

田中　貴紘

2006 年 東京工業大学大学院総合理工学研究科博士後期課程修了．博士（工学）．2007 年東京農工大学大学院共生科学技術研究院助教，現在に至る．知的エージェント，ヒューマンエージェントインタラクションなど，人と人，人とエージェント間のコミュニケーション支援に興味を持つ．情報処理学会，人工知能学会，各会員．

藤田　欣也　（正会員）

1988 年慶應義塾大学大学院理工学研究科修了．相模工業大学，東北大学医学部，岩手大学を経て，現在東京農工大学大学院教授．共有仮想空間コミュニケーション，ＶＲシステムや感覚の遠隔共有など，人と共生する情報システムのためのヒューマンインタフェースの研究に従事．工学博士．