

A Study on the Classification of Moving Units for Facial Expression Robot : Proposal of Moving-Unit for Animatronics

権, 泰錫
九州大学大学院芸術工学研究院

<https://doi.org/10.15017/13962>

出版情報 : 九州大学, 2008, 博士 (芸術工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

第6章

アニマトロニクス表情に対する印象評価

6-1. 実験3：人間モデルとアニマトロニクスの印象評価

6-1-1. 実験目的

本実験は MU の活用性の検討のため、人間モデル（A モデル）、顔ロボット（B モデル）、顔筋肉ロボット（C モデル）の各々の表情に対して印象評価を行い、3 つのモデルの表情に対する印象の類似性を検討することを目的とする。（顔筋肉ロボットの制作過程は付録 6 を参照）

6-1-2. 実験方法

本実験では印象評価の代表的な手法である、SD（Semantic Differential）法を用いた。

(1) 実験対象

印象評価実験の対象としては図 6-1 に示したように、人間モデルを A モデル、顔ロボットを B モデル、顔筋肉ロボットを C モデルと表記し、以上 3 種類を用いた。
























図6-1. 印象評価実験の対象になったモデル

(2) 刺激として用いた表情群

実験に用いた A モデルにおける表情は A モデル自身に判断して行わせた。B モデル、C モデルについては表 2-2 に示した FACS で示される感情の AU 表記方法の共通点をもとに筆者が使用する MU を決定し、表情を表現した。表 6-1 のように無表情の表情 (A0, B0, C0)、喜びの表情 (A1, B1, C1)、悲しみの表情 (A2, B2, C2)、怒りの表情 (A3, B3, C3)、嫌悪の表情 (A4, B4, C4)、驚きの表情 (A5, B5, C5)、恐れ of 表情 (A6, B6, C6) を基本表情として、計 21 の刺激を用いて印象評価実験を行った。

表6-1. 印象評価実験に用いた刺激

	無表情 の表情	喜び の表情	悲しみ の表情	怒り の表情	嫌悪 の表情	驚き の表情	恐れ の表情
A モデル	A0 	A1 	A2 	A3 	A4 	A5 	A6 
B モデル	B0 	B1 	B2 	B3 	B4 	B5 	B6 
C モデル	C0 	C1 	C2 	C3 	C4 	C5 	C6 

(3) 被験者

九州大学芸術工学部および芸術工学府に在学する 22～34 歳 (平均年齢 : 25.42、標準偏差 : 3.55) の学生 40 名を対象に、印象評価実験を行なった。「FACS の 6 種類の基本表情は性別や、国籍、年齢に関係なく、共通的に表現・認識させる表


情である (P. Ekman [10])」ため、本実験では実験参加者の属性の違いによる印象評価分析は行わないこととした。

(4) 形容詞対尺度の決定

形容詞対尺度としては、ロボットを見ながら形容詞をあげさせ、顔の印象に関する過去の文献 [28][29][30]を参考にし、本実験に用いる刺激の特徴と検討したい内容を考慮したうえで、図 6-2 に示したように 17 組の形容詞対尺度を選んだ。全ての形容詞対尺度では 5 段階のカテゴリ尺度で構成し、1~5 に数値化する。

(5) 調査用紙

印象評価実験に用いた調査用紙を図 6-3 に示す。写真で表示された表情イメージを観察し、17 組の形容詞対尺度それぞれについて当てはまる数値にチェックを入れてもらうことで印象評価を行なった。



	非常に	やや	どちらともいえない	やや	非常に	
好き	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	嫌い
楽しい	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	つまらない
親しみやすい	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	親しみにくい
深みのある	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	薄っぺらな
男らしい	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	女らしい
美しい	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	醜い
自然な	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	不自然な
知的な	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	おろかな
動的な	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	静的な
強い	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	弱い
人間的な	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	機械的な
進歩的な	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	保守的
繊細な	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	大胆な
安定した	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	不安定な
のんびりした	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	せわしい
複雑な	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	単純な
柔和な	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	強烈な

図6-2. 印象評価実験に用いた解答用紙

6-1-3. Aモデルの印象評価実験の結果

(1) Aモデルの刺激によるSDプロフィール分析

印象評価実験より得られた各形容詞対尺度に対する、Aモデルの平均評定値を図6-3のようにSDプロフィールに示した。

図6-3より、Aモデルの印象評価に影響が高い形容詞対尺度は、評定値の差が大きい、「好き-嫌い」「楽しい-つまらない」「親しみやすい-親しみにくい」「動的-静的」「人間的-機械的」等であり、印象評価に影響が低い形容詞対尺

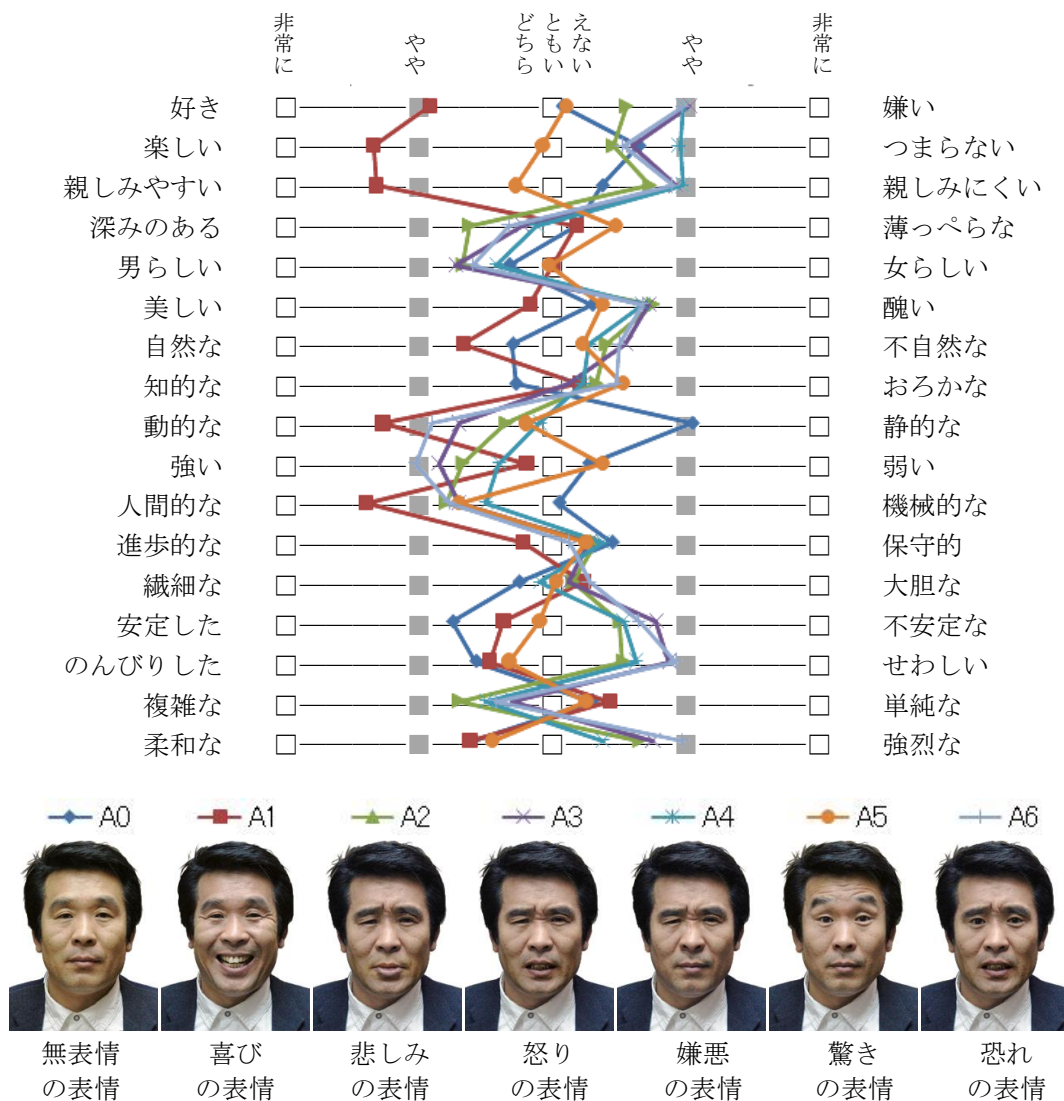


図6-3. Aモデル刺激の基本表情によるSDプロフィール比較

度は、評定値の差が小さい、「男らしいー女らしい」「知的ーおろかな」「進歩的ー保守的」「繊細なー大胆な」等である。特に、喜びの表情（A1）を示す感性表現は「好きー嫌い」「楽しいーつまらない」「親しみやすいー親しみにくい」「動的ー静的」「人間的ー機械的」の尺度で他の表情と比べて評定値の差が大きく、このことから喜びの表情（A1）は他の表情に比べて印象評価に与える影響の幅が大きく、表情が判別しやすいことが分かった。

この結果から、人間の表情をしめす刺激語群にも印象判断しやすいものと、微妙なものがあることがわかる。

(2) Aモデルの主成分分析

SDプロフィールに基づき、それぞれの表情に対する特徴的な主成分を抽出するために主成分分析を行った。表6-2のようにバリマックス回転後の主成分係数行列を示す。

第1主成分は「柔和な-強烈な」「男らしい-女らしい」「のんびりした-せわしい」「複雑な-単純な」「深みがある-薄っぺらな」「強い-弱い」などの得点が高いことから「パワー」に関する軸として解釈した。

第2主成分は「人間的な-機械的な」「動的な-静的な」「進歩的な-保守的」「繊細な-大胆な」「楽しい-つまらない」などの得点が高いことから「活動」に関する軸として解釈した。

第3主成分は「知的な-おろかな」などの得点が高いことから「インテリジェンス」に関する軸として解釈した。

表6-2. Aモデル刺激の印象評価実験より得られた主成分係数行列

印象評価尺度	主成分		
	F1	F2	F3
柔和な-強烈な	.965	-.102	.223
男らしい-女らしい	-.963	-.171	.106
のんびりした-せわしい	.941	-.102	.267
複雑な-単純な	-.921	-.060	-.198
深みのある-薄っぺらな	-.918	.136	.183
強い-弱い	-.901	.406	.034
安定した-不安定な	.868	-.194	.410
美しい-醜い	.848	.377	.357
好き-嫌い	.833	.387	.346
親しみやすい-親しみにくい	.831	.529	.144
自然な-不自然な	.771	.199	.576
人間的な-機械的な	.061	.974	-.111
動的な-静的な	-.201	.946	-.190
進歩的な-保守的	.307	.929	.104
繊細な-大胆な	.320	-.897	.187
楽しい-つまらない	.634	.752	.144
知的な-おろかな	.144	-.498	.822
寄与率 (%)	55.07	30.65	10.38

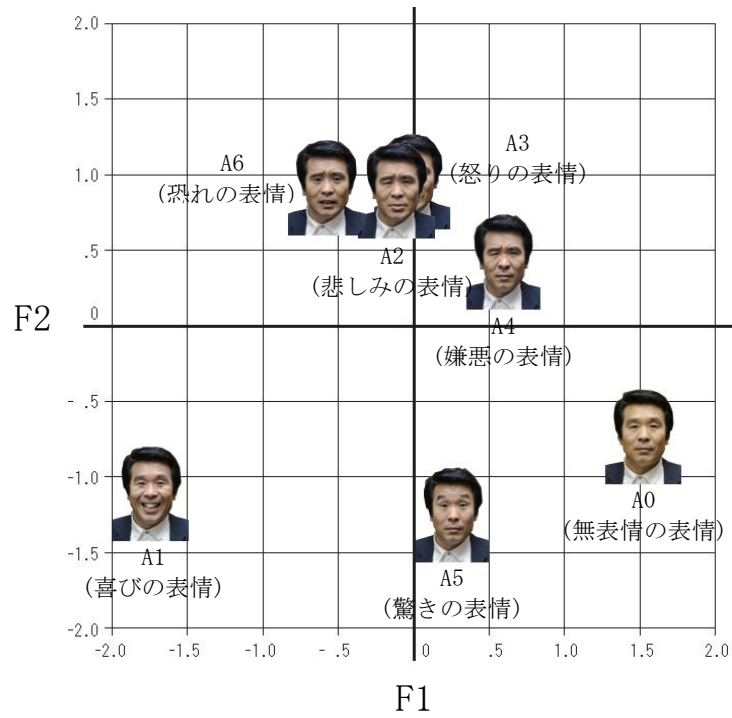


図6-4. Aモデルの主成分得点布置図
(第1主成分：「パワー」、第2主成分：「活動」)

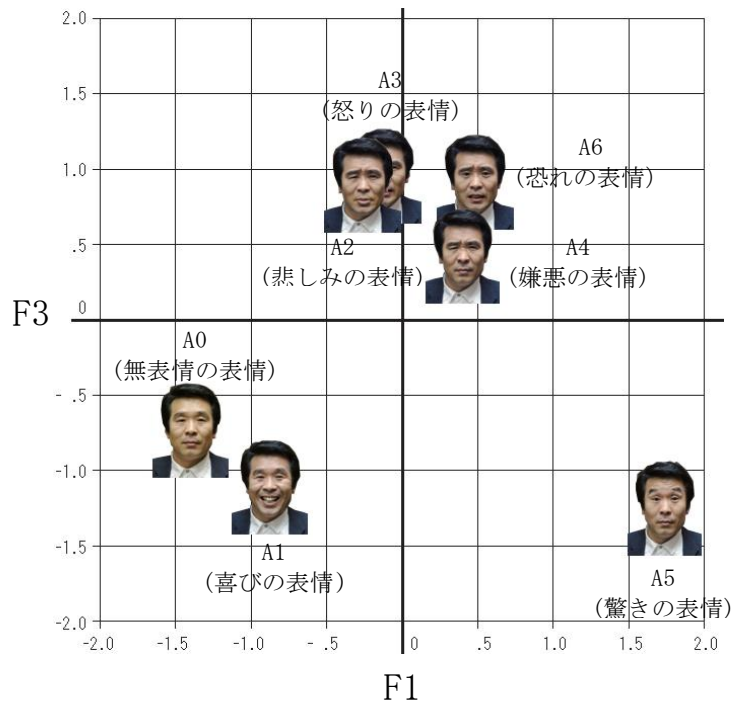


図6-5. Aモデルの主成分得点布置図
(第1主成分：「パワー」、第3主成分：「インテリジェンス」)

(3) 第1主成分と第2主成分の主成分得点布置

第1主成分「パワー」と第2主成分「活動」の主成分得点を図6-4に示す。

図6-4より、第1主成分「パワー」と第2主成分「活動」の得点布置図において恐れ表情(A6)、悲しみ表情(A2)、怒り表情(A3)が一つのグループを形成している。

第1主成分「パワー」に注目すると、各表情はAU表記方法によると、悲しみの表情(A2)はAU(1+4+15)、怒り表情(A3)はAU(4+5+17+25)、嫌悪表情(A4)はAU(4+10+17)、恐れ表情(A6)はAU(1+4+5+20+25)であり、共通点はAU4(眉を下げる)である。眉をひそめた険悪な表情、つまりAU4(眉を下げる)の動作量が相対的に大きい表情は「パワー」がある方に位置しており、「パワー」の感性空間を占める基準は眉の動きにあると解釈できる。

第2主成分「活動」に注目すると、口部分の動き、特にAU12(唇両端を引張り上げる)が感性空間における基準となると解釈できる。口部分の動作量が相対的に大きい喜び表情(AU(6+12+26))は活動的であり、無表情表情(A0)は活動的ではないことが分かった。

(4) 第1主成分と第3主成分の主成分得点布置

第1主成分「パワー」と第3主成分「インテリジェンス」の主成分得点を図6-5に示す。

図6-5より、第1主成分「パワー」と第3主成分「インテリジェンス」の得点布置図において、怒り表情(A3)、恐れ表情(A6)、嫌悪表情(A4)、悲しみ表情(A2)が近接しており、無表情表情(A0)と喜び表情(A1)が近接しており、それぞれグループと見なすことができる。

第3主成分「インテリジェンス」に注目すると、眉部分の動きが感性空間における基準となると解釈できる。眉が動かない無表情表情と喜び表情は「インテリジェンス」がある結果となり、AU2(眉の外側を上げる)の動きがある驚き表情(A5)は「インテリジェンス」がないことが分かった。

(5) 全主成分による印象評価

図6-4と図6-5より、「パワー」「活動」「インテリジェンス」の3次元感性空間に注目すると、怒り表情(A3)、恐れ表情(A6)、嫌悪表情(A4)、悲しみ表情(A2)をグループと見なすことができる。悲しみ表情はAU(1+4+15)、怒り表情はAU(4+5+17+25)、嫌悪表情はAU(4+10+17)、恐れ

表情は AU(1+4+5+20+25)であり、AU4（眉を下げる）が共通している。また、このグループの表情における口部分の動きの AU は、AU15(唇両端を下げる)、AU17(オトガイを上げる)、AU20(唇両端を横に引っ張る)であり、これらは唇の中心に対して口角がやや下がるという点で類似している。

6-1-4. Bモデルの印象評価実験の結果

(1) Bモデル刺激によるSDプロフィール分析

印象評価実験より得られた各形容詞対尺度に対する、Bモデルの平均評定値を図6-6のようにSDプロフィールに示した。

図6-6により、Bモデルの印象評価に影響が高い形容詞対尺度は、評定値の差が大きい、「好き-嫌い」「楽しい-つまらない」「親しみやすい-親しみにくい」「動的-静的」等であり、影響が低い形容詞対尺度は「男らしい-女らしい」

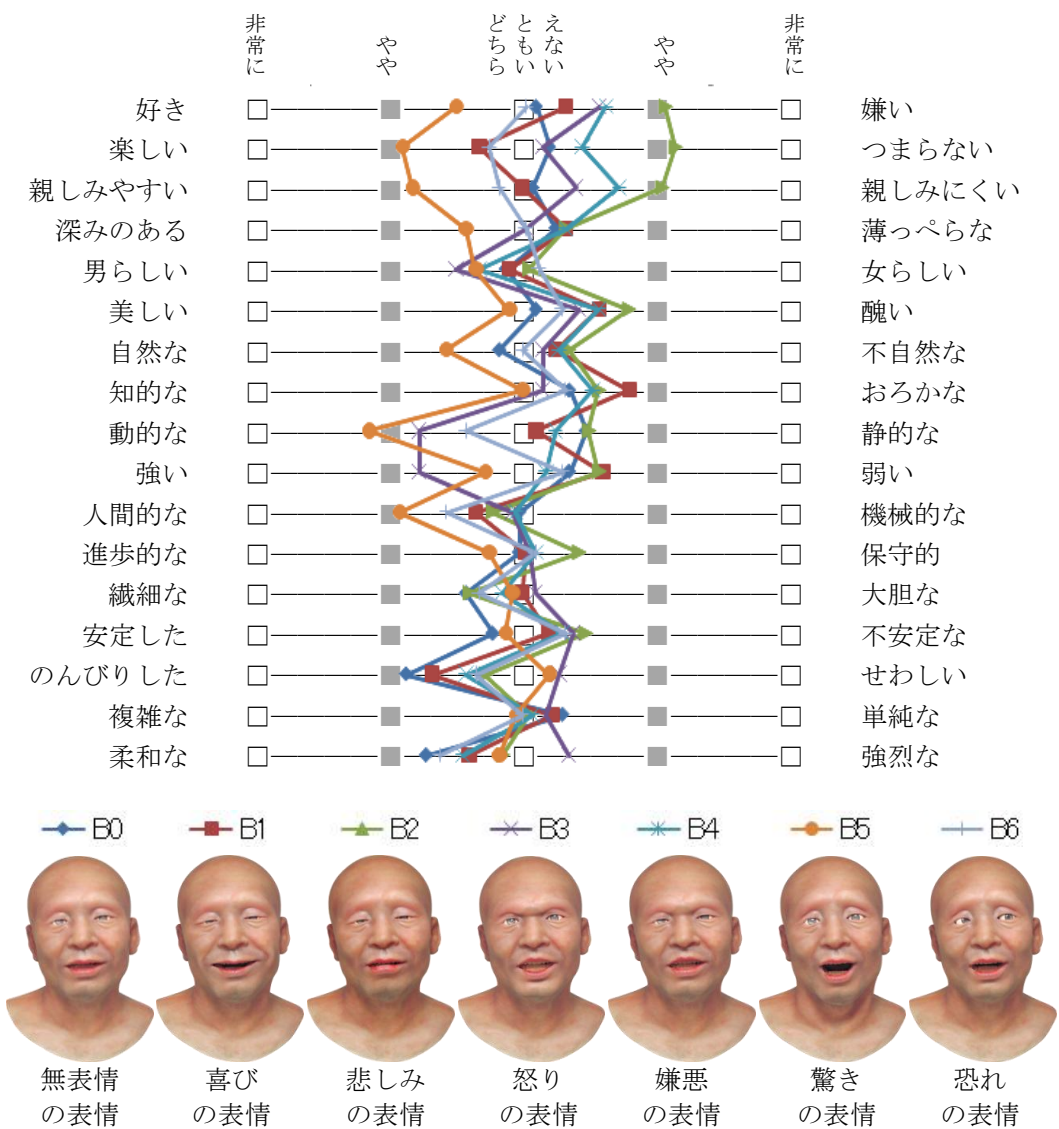


図6-6. Bモデル刺激の基本表情によるSDプロフィール比較

「繊細な－大胆な」「複雑な－単純な」等であることが分かった。

一方、図6-3のAモデルの基本表情によるSDプロフィールと比較すると、AモデルのSDプロフィールよりBモデルのSDプロフィールの方が形容詞対尺度の評定値の差が小さく、このことより、Bモデルから受ける印象はAモデルより小さく、表情の判別が難しいことが分かった。

(2) Bモデルの主成分分析

SDプロフィールに基づき、それぞれの表情に対する感情効果についての特徴的な因子を抽出するために、主成分分析を行った。表6-3はバリマックス回転後の主成分係数行列を示す。

第1主成分は「好き-嫌い」「美しい-醜い」「進歩的な-保守的な」「自然な-不自然な」「親しみやすい-親みにくい」「安定した-不安定な」「楽しい-つまらない」「深みがある-薄っぺらな」などの得点が高いことから、「好感」の軸と解釈した。

第2主成分は「強い-弱い」「柔らかな-強烈な」「のんびりした-せわしい」「動的な-静的な」「知的な-おろかな」などの得点が高いことから「パワー」の軸と解釈した。

第3主成分は「複雑な-単純な」「人間的な-機械的な」などの得点が高いことから「構造的」評価軸と解釈し、第4主成分は「繊細な-大胆な」の得点が高いことから「デリケート」の軸と解釈した。

表6-3. Bモデル刺激の印象評価実験より得られた主成分係数行列

印象評価尺度	主成分			
	F1	F2	F3	F4
好き-嫌い	.961	-.013	.244	-.095
美しい-醜い	.960	.162	.089	.202
進歩的な-保守的	.923	.266	-.040	-.243
自然な-不自然な	.919	.151	.250	.225
親しみやすい-親みにくい	.914	.016	.306	-.233
安定した-不安定な	.898	-.118	-.298	.177
楽しい-つまらない	.835	.106	.267	-.458
深みのある-薄っぺらな	.664	.467	.578	.053
強い-弱い	.230	.953	.063	.032
柔らかな-強烈な	.324	-.867	-.153	.140
男らしい-女らしい	.206	.866	-.287	-.156
のんびりした-せわしい	.007	-.833	-.549	.001
動的な-静的な	.488	.637	.531	-.218
知的な-おろかな	.556	.636	.314	.411
複雑な-単純な	-.001	.098	.928	.108
人間的な-機械的な	.538	-.053	.800	-.191
繊細な-大胆な	-.069	-.677	.029	.730
寄与率 (%)	43.32	27.94	17.72	7.64

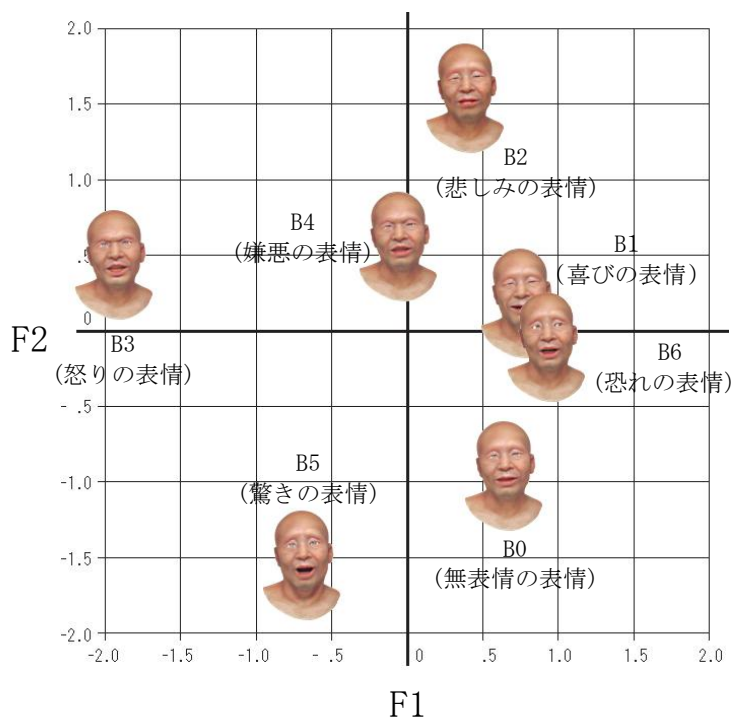


図6-7. Bモデルの主成分得点布置図
(第1主成分：「好感」、第2主成分：「パワー」)

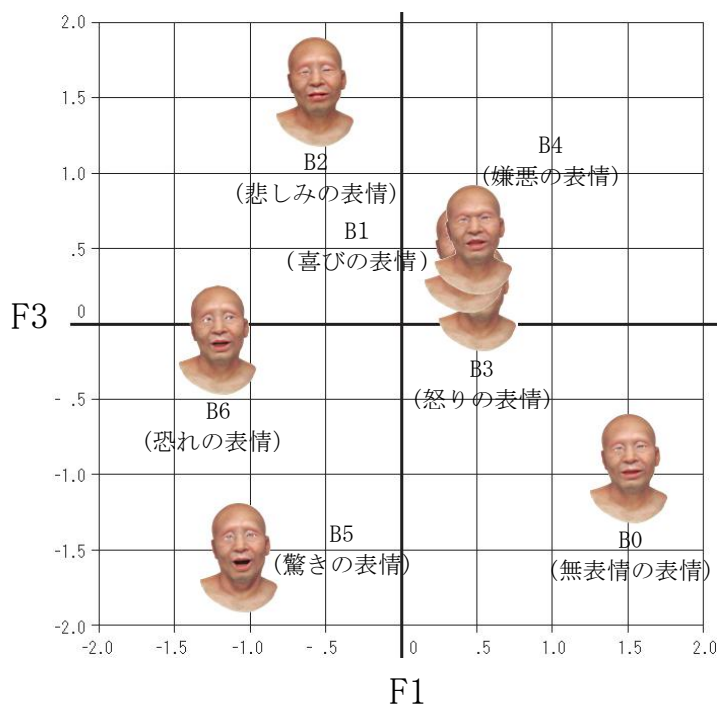


図6-8. Bモデルの主成分得点布置図
(第1主成分：「好感」、第3主成分：「構造的」)

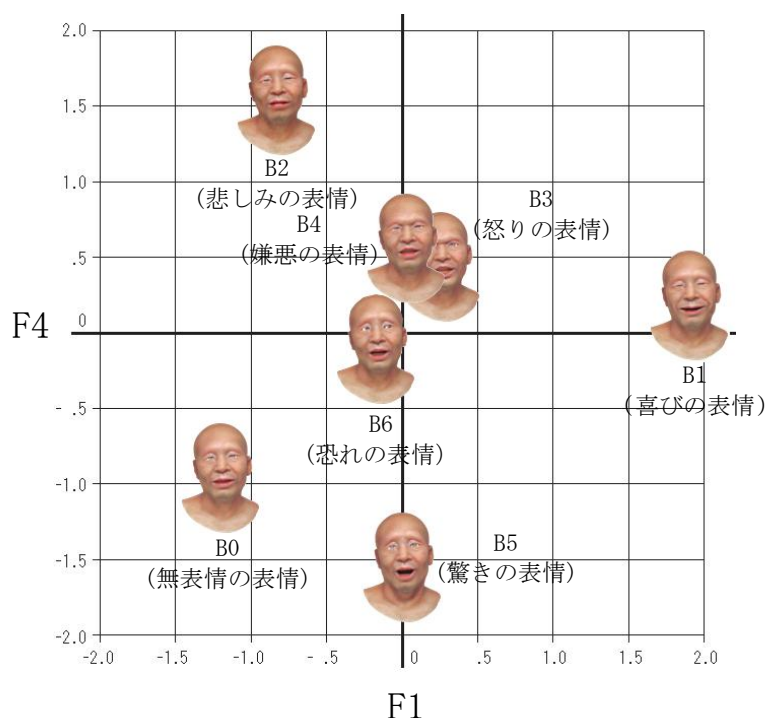


図6-9. Bモデルの主成分得点布置図
(第1主成分：「好感」、第4主成分：「デリケート」)

(3) 第1主成分と第2主成分の主成分得点布置

第1主成分「好感」と第2主成分「パワー」の主成分得点を図6-7に示す。

図6-7より、第1主成分「好感」と第2主成分「パワー」の得点布置図において、恐れ of 表情 (B6) と喜び of 表情 (B1) を一つのグループと見なすことができる。

第1主成分「好感」に注目すると、第一に、無表情 of 表情 (B0) と驚き of 表情 (B5) のグループ、第二に、喜び of 表情 (B1) と怒り of 表情 (B3) と嫌悪 of 表情 (B4) と恐れ of 表情 (B6) のグループ、第三に、悲しみ of 表情 (B2) として三つのグループに別れているが、それぞれのグループにおいて、MU についての関連性を見つけることはできなかった。

第2主成分「パワー」の感性空間は、怒り of 表情や嫌悪 of 表情が「パワー」があり、恐れ of 表情や喜び of 表情が「パワーがない」方向に位置している。また、怒り of 表情 (B3) は非常に「パワー」の軸に対する得点が高く、その他の表情にあまり特徴はなかった。

(4) 第1主成分と第3主成分の主成分得点布置

第1主成分「好感」と第3主成分「構造的」の主成分得点を図6-8に示す。

図6-8より、第1主成分「好感」と第3主成分「構造的」の得点布置図において、嫌悪の表情(B4)、怒りの表情(B3)、喜びの表情(B1)が近接しており、グループと見なすことができる。

第3主成分である「構造的」の軸に注目すると、悲しみの表情と驚きの表情と恐れを表す表情のグループ、嫌悪の表情と喜びの表情と怒りの表情のグループ、無表情の表情の三つのグループに別れている。第一のグループである悲しみの表情($\mu(A30+B120+C105+D105+G95+J108)$)、驚きの表情($\mu(A190+B180+D70+E110+J180)$)、恐れを表す表情($\mu(A170+B114+D140+E15+J170)$)におけるMUの類似点として、 μ_B の動作量が100以上であり、標準値より大きなアクチュエータの動作量を与えていたグループであることがあげられる。反対に、第二のグループである、嫌悪の表情($\mu(A80+B30+C150+GL155+J112)$)、喜びの表情($\mu(A60+G190+J110)$)、怒りの表情($\mu(A130+B10+C155+D140+J105)$)では、 μ_B (眉及び眉間の上下左右の動き)の動作量が100以下となっている。第三のグループである無表情の表情における μ_B (眉及び眉間の上下左右の動き)の動作量は基準値の100であり、アクチュエータの作動上の動きがなかった。

(5) 第1主成分と第4主成分の主成分得点布置

第1主成分「好感」と第4主成分「デリケート」の主成分得点を図6-9に示す。

図6-9より、第1主成分「好感」と第4主成分「デリケート」の得点布置図において、嫌悪の表情(B4)、怒りの表情(B3)、恐れを表す表情(B6)が近接しており、グループと見なすことができる。

第4主成分「デリケート」に注目すると、口部分の動き、つまり μ_C (上唇の上下左右の動き)、 μ_D (オトガイの皮膚を引き上げ、皺を作る)、 μ_G (口角の引き上げ、引き下げ)、 μ_J (顎の開閉)の動作量が大きくなるほど「デリケート」ではないと解析できる。相対的に動作量が少ない無表情の表情(B0)と悲しみの表情($\mu(A30+B120+C105+D105+G95+J108)$)は「デリケート」である方に近接しており、相対的に動作量が多い喜びの表情($\mu(A60+G190+J110)$)は「デリケート」ではない方に近づいていることが分かった。

(6) 全主成分による印象評価

図6-7と図6-8と図6-9より、「好感」「パワー」「構造的」「デリケート」

の4次元感性空間に注目すると、グループとして見なすことができないため、寄与率が7.64%として低い第4主成分「デリケート」を取り出してから分析を行った。

図6-7と図6-8より、「好感」「パワー」「構造的」の3軸に注目すると、喜びの表情、嫌悪の表情を一つのグループと見なすことができる。喜びの表情は($\mu(A60+G190+J110)$)で表され、嫌悪の表情は($\mu(A80+B30+C150+GL155+J112)$)であらわされる。このことからMUの類似点は μ_A , μ_G , μ_J であるが、その動作量の差は小さいく、印象評価上の類似性も見られない。

6-1-5. Cモデルの印象評価実験の結果

(1) Cモデルの刺激によるSDプロフィール分析

印象評価実験より得られた各形容詞対尺度に対する、Cモデルの平均評定値を図6-10のようにSDプロフィールに示した。

図6-10より、Cモデルの印象評価に影響が大きい形容詞対尺度は、評定値の差が大きい、「好き-嫌い」「楽しい-つまらない」「親しみやすい-親しみにくい」「動的-静的」「強い-弱い」等であり、影響が小さい形容詞対尺度は、評

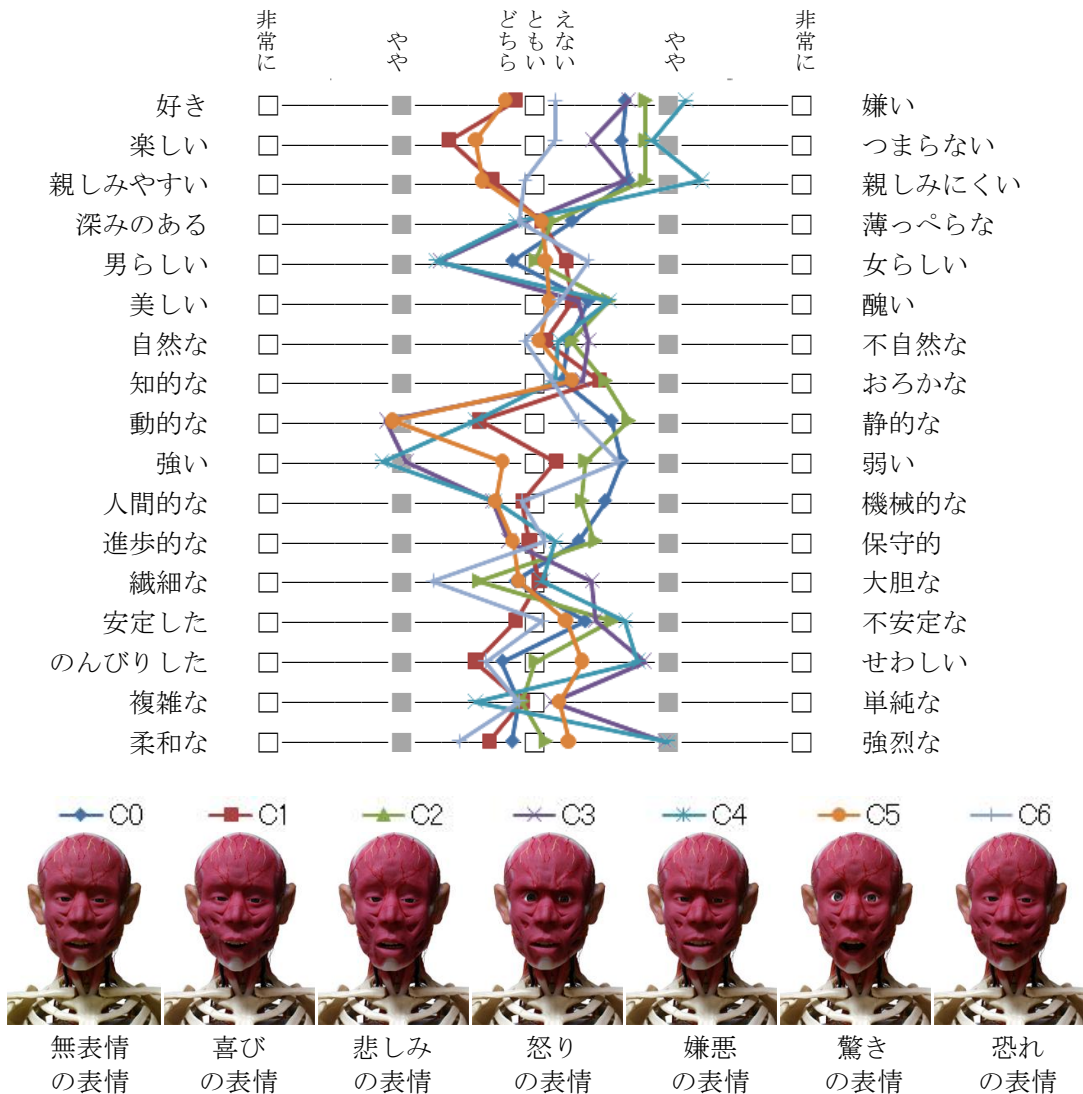


図6-10. Cモデル刺激の基本表情によるSDプロフィール

定値の差が小さい、「深みのあるー薄っぺらな」「美しいー醜い」「自然なー不自然な」「知的ーおろかな」「進歩的ー保守的」「複雑なー単純な」等であることが分かった。

一方、図6-3のAモデルの基本表情によるSDプロフィールと図6-6のBモデルの基本表情によるSDプロフィールと比較すると、三つのモデルの印象評価に影響が大きい形容詞対尺度は、評定値の差が大きい、「好きー嫌い」「楽しいーつまらない」「親しみやすいー親しみにくい」「動的ー静的」等であることが分かった。BモデルのSDプロフィールとCモデルのSDプロフィールは形容詞対尺度の評定値の差が小さく、表情の判別が難しいことが分かった。しかし、BモデルのSDプロフィールよりCモデルのSDプロフィールの方がAモデルのSDプロフィールに近似しており、Aモデルは、BモデルよりCモデルと類似している。

(2) Cモデルの主成分分析

SDプロフィールに基づき、それぞれの表情に対する感性表現についての特徴的な因子を抽出するために主成分分析を行った。表6-4のようにバリマックス回転後の主成分係数行列を示す。

第1主成分は「親しみやすい-親しみにくい」「好き-嫌い」「楽しい-つまらない」「美しい-醜い」「安定した-不安定な」「自然な-不自然な」「複雑な-単純な」などの得点が高いことから「好感」の軸と解釈した。

第2主成分は「強い-弱い」「動的な-静的な」「のんびりした-せわしい」「柔和な-強烈な」「繊細な-大胆な」「人間的な-機械的な」「男らしい-女らしい」などの得点が高いことから「パワー」の軸と解釈した。

第3主成分は「知的な-おろかな」「深みのある-薄っぺらな」などの得点が高いことから「インテリジェンス」の軸と解釈した。

表6-4. Cモデル刺激の印象評価実験より得られた主成分係数行列

印象評価尺度	主成分		
	F1	F2	F3
親しみやすい-親しみにくい	.982	-.174	-.022
好き-嫌い	.980	-.151	-.049
楽しい-つまらない	.962	.044	-.083
美しい-醜い	.930	.041	.124
安定した-不安定な	.878	-.308	.024
自然な-不自然な	.638	-.383	.621
複雑な-単純な	-.611	-.215	.547
強い-弱い	-.235	.944	.162
動的な-静的な	.421	.900	.001
のんびりした-せわしい	.380	-.884	-.077
柔和な-強烈な	.477	-.869	.005
繊細な-大胆な	.104	-.818	.407
人間的な-機械的な	.390	.782	.442
男らしい-女らしい	-.644	.737	-.042
進歩的な-保守的	.692	.698	.081
知的な-おろかな	-.085	.027	.758
深みのある-薄っぺらな	.070	.521	.727
寄与率 (%)	40.82	36.26	13.03

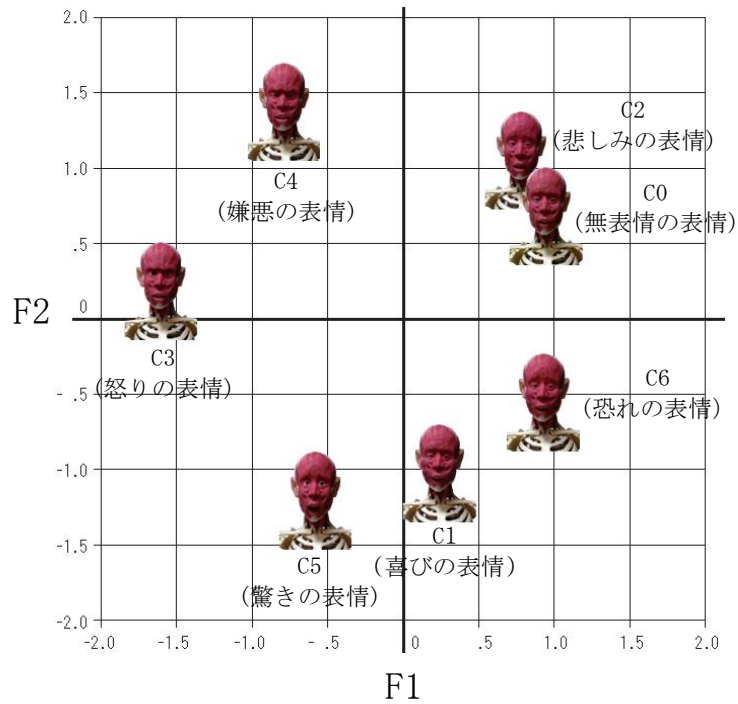


図6-11. Cモデルの主成分得点布置図
(第1主成分：「好感」、第2主成分：「パワー」)

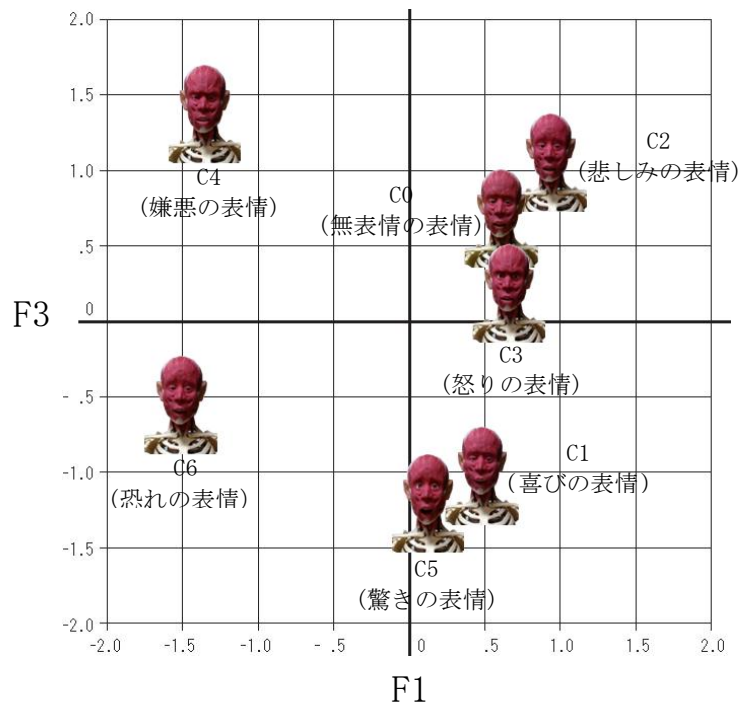


図6-12. Cモデルの主成分得点布置図
(第1主成分：「好感」、第3主成分：「インテリジェンス」)

(3) 第1主成分と第2主成分の主成分得点布置

第1主成分「好感」の軸と第2主成分「パワー」の軸の主成分得点を図6-11に示す。第1主成分「好感」と第2主成分「パワー」の得点布置図において、無表情の表情(C0)、悲しみの表情(C2)をひとつのグループと見なすことができる。

第1主成分「好感」に注目すると、口部分の動きである、 μC (上唇の上下左右の動き)、 μD (オトガイの皮膚を引き上げ、皺を作る)、 μG (口角の引き上げ、引き下げ)、 μH (口角の押し上げ、おし下げ)、 μJ (顎の開閉)、特に μG (口角の引き上げ、引き下げ)、 μJ (顎の開閉) の動作量が感性空間に影響していると解析できる。動作量が相対的に大きい驚きの表情 ($\mu(A190+B190+D80+J150)$) と喜びの表情 ($\mu(A60+G150+J110)$) と恐れ of 表情 ($\mu(A110+B150+G30+H30+J110)$) は「好感」がある方に近づいており、動作量が相対的に小さい無表情の表情と嫌悪の表情 ($\mu(A80+B40+C30+J110)$) と悲しみの表情 ($\mu(A70+B150+C110+G95+D50+H150)$) と怒りの表情 ($\mu(A170+B30+C110+D110+J110)$) は「好感」がない方に近づいていることが分かった。

第2主成分「パワー」に注目すると、第一に、無表情の表情(C0)、恐れ of 表情(C6)、喜びの表情(C1)、悲しみの表情(C2)のグループ、第二に、嫌悪の表情(C4)、驚きの表情(C5)のグループ、第三に、怒りの表情(C3)のグループとして三つのグループに別れている。第一のグループである無表情の表情、恐れ of 表情 ($\mu(A110+B150+G30+H30+J110)$)、喜びの表情 ($\mu(A60+G150+J110)$)、悲しみの表情 ($\mu(A70+B150+C110+G95+D50+H150)$) における μB の類似点として、 μB (眉及び眉間の上下左右の動き) の動作量が60~150と小さいということがあげられる。反対に、第二・第三のグループである、驚きの表情 ($\mu(A190+B190+D80+J150)$)、嫌悪の表情 ($\mu(A80+B40+C30+J110)$)、怒りの表情 ($\mu(A170+B30+C110+D110+J110)$) においては、 μB (眉及び眉間の上下左右の動き) の動作量が0~59, 151~200と大きい。

(4) 第1主成分と第3主成分の主成分得点布置

第1主成分「好感」と第3主成分「インテリジェンス」の主成分得点を図6-12に示す。

図6-12より、第1主成分「好感」と第3主成分「インテリジェンス」の得点布置図において、無表情の表情(C0)、怒りの表情(C3)、悲しみの表情(C2)が近接しており、グループと見なすことができる。また、喜びの表情(C1)と驚

き (C5) が近接しており、グループと見なすことができる。

第3主成分「インテリジェンス」に注目すると、嫌悪の表情 (C4) と恐れ
の表情 (C6) のグループと、無表情の表情 (C0)、驚きの表情 (C5)、悲し
みの表情 (C2)、怒りの表情 (C3)、喜びの表情 (C1) のグループの、二
つのグループに別れているが、MU についての関連性は特に見つけるこ
とはできなかった。

(5) 全主成分による印象評価

図 6-11 と図 6-12 より、「好感」「パワー」「インテリジェンス」の3次元感
性空間に注目すると、無表情の表情 (C0)、悲しみの表情 (C2) のグルー
プと、喜びの表情 (C1)、驚きの表情 (C5) のグループに分かれる。各表
情の MU 表記方法は、悲しみの表情は $\mu(A70+B150+C110+G95+D50+H150)$ 、
喜びの表情は $\mu(A60+G150+J110)$ 、驚きの表情は $\mu(A190+B190+D80+J150)$
であるが、各グループに対して MU についての関連性を見つけることは
できなかった。

6-2. 人間モデルとアニマトロニクスの比較印象評価

6-2-1. 人間モデルとアニマトロニクスの刺激による

SD プロフィール分析

印象評価実験に用いた各形容詞対尺度に対する、A・B・Cモデルの各表情の平均評定値をSDプロフィールに示して分析を行う。

図6-13は、無表情の表情 (A0, B0, C0) に対する平均評定値をSDプロフィールに示した。無表情の表情を示す感性表現では3種類のモデルが平均評定値の類似している。AモデルはA・Bモデルと比べるとより静的である。BモデルはA・Cモデ

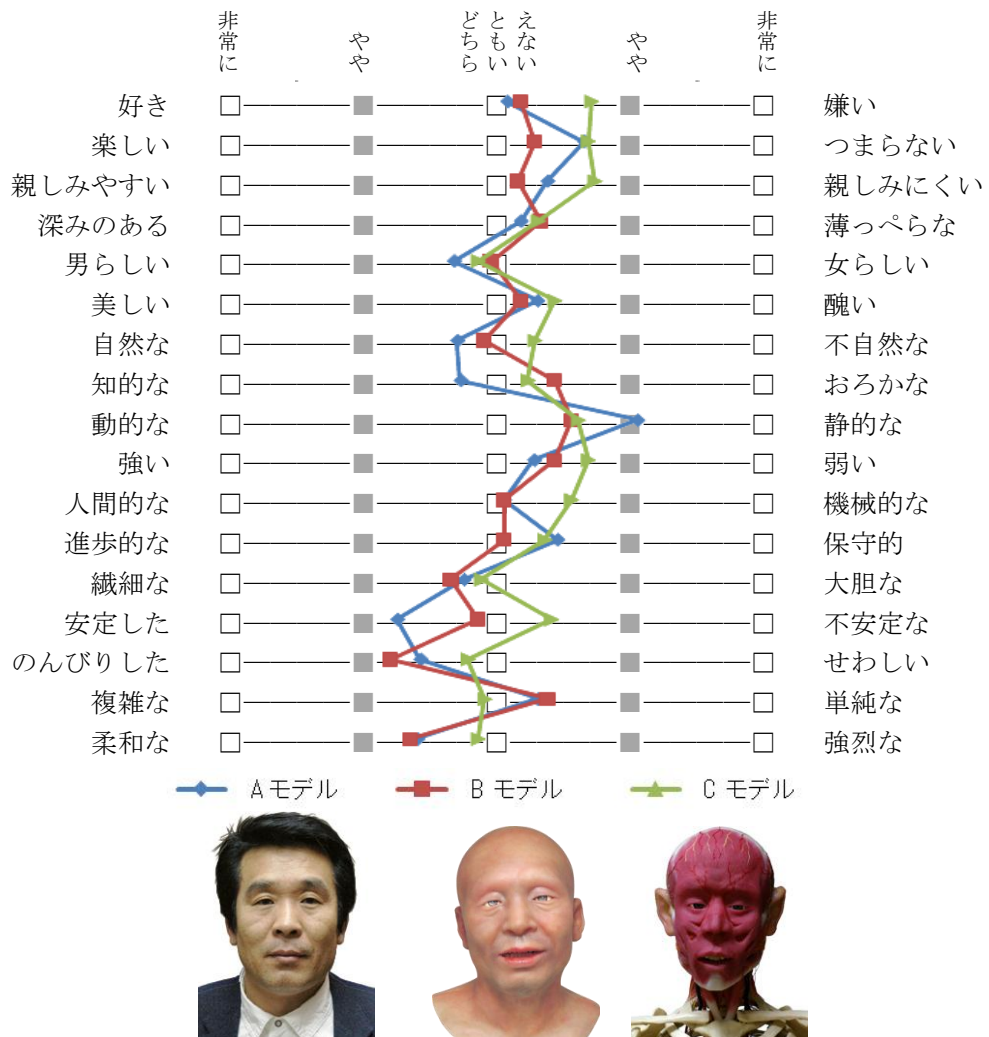


図6-13. 無表情の表情 (A0, B0, C0) の刺激によるSDプロフィール比較

ルと比べるとより楽しく、進歩的である。CモデルはA・Bモデルと比べると嫌い、機械的な、強烈であるという結果となった。「深みのあるー薄っぺらな」「男らしいー女らしい」「繊細なー大胆な」の尺度に関しては3種類のモデルが類似した結果となった。

喜びの表情（A1, B1, C1）に対する平均評定値をSDプロフィールに示した（図6-14）。喜びの表情を示す感性表現では3種類のモデルが平均評定値の類似し入るが、平均評定値の差が読み取れる。「好きー嫌い」「楽しいーつまらない」「親しみやすいー親しみにくい」「美しいー醜い」「自然なー不自然な」「知的ーおろかな」「動的なー静的な」「強いー弱い」らの形容詞対は平均評定値の差

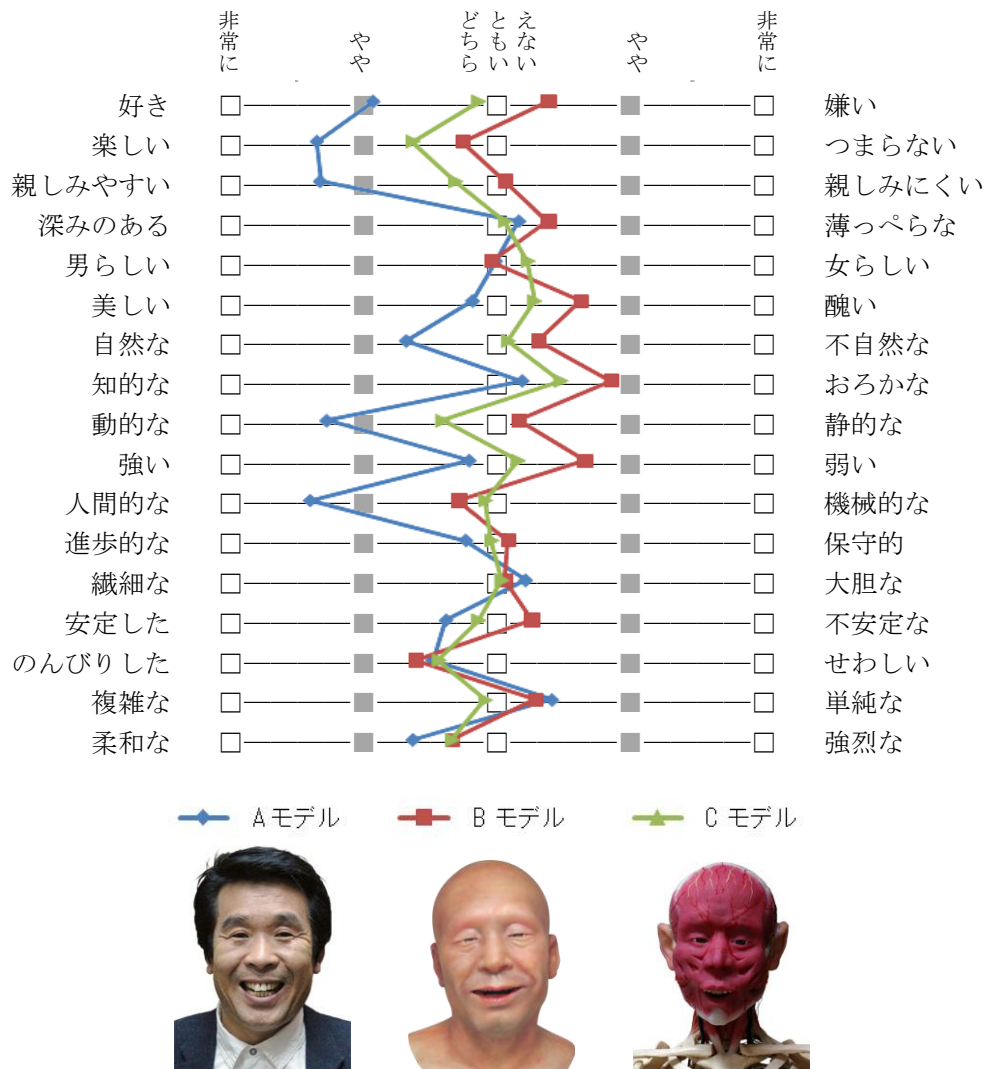


図6-14. 喜びの表情（A1, B1, C1）の刺激によるSDプロフィール比較

が大きく、反対に「男らしいー女らしい」「繊細なー大胆な」「柔和なー強烈な」では3種類のモデルの平均評定値が非常に近似していることが読み取れる。一方、「人間的なー機械的な」の形容詞対によるとAモデルがはるかに人間的であり、BモデルとCモデルは微々たる差であるがBモデルがより人間的に近いことが読み取れる。

悲しみの表情 (A2, B2, C2) に対する平均評定値を SD プロフィールに示した (図 6-15)。悲しみの表情を示す感性表現では B モデルと C モデルが平均評定値の近似した流れの結果を読み取れる。「深みのあるー薄っぺらな」の形容詞対では A モデルが B・C モデルより深みがあり、「男らしいー女らしい」では A モ

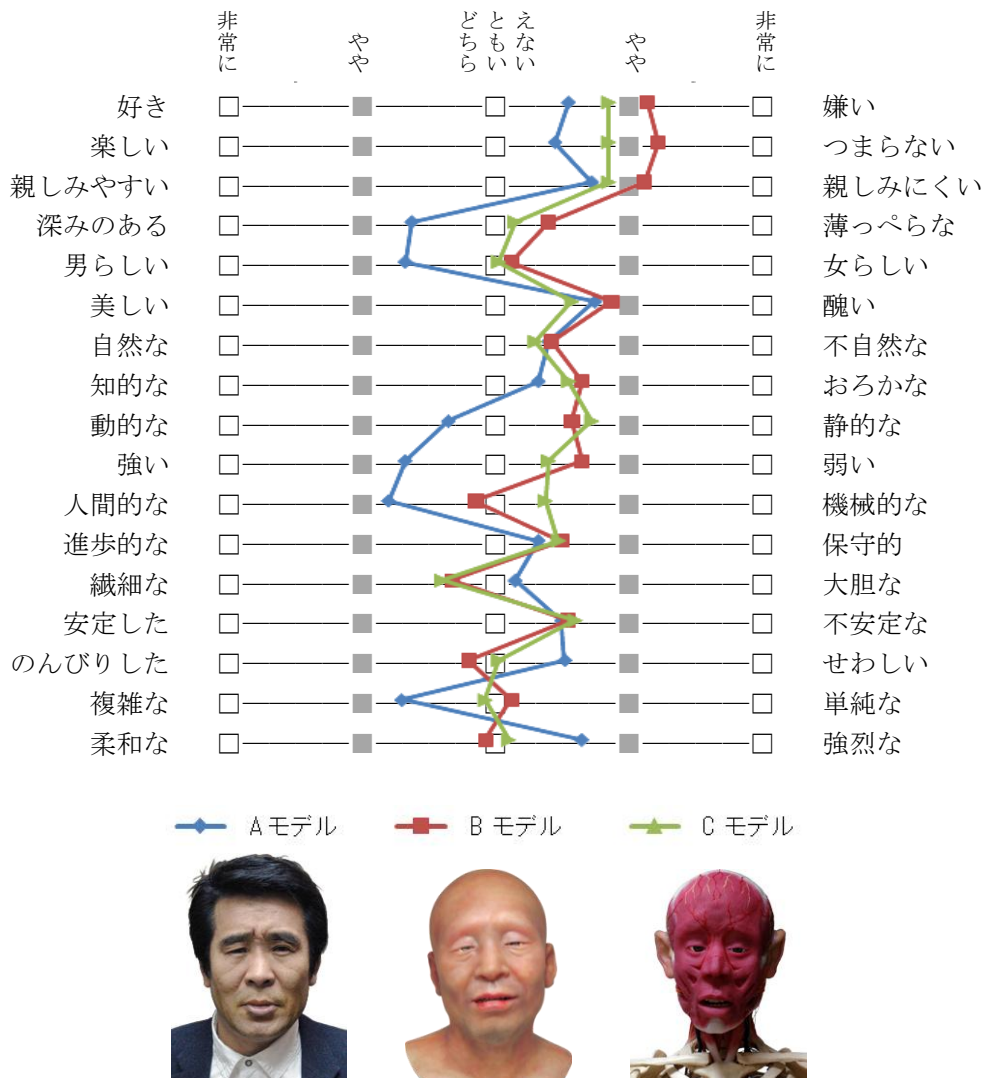


図6-15. 悲しみの表情 (A2, B2, C2) の刺激によるSDプロフィール比較

デルが B・C モデルより男らしいという結果となった。A モデルは B・C モデルより動的な、強い、人間的な、大胆な、せわしい、複雑な強烈な、などに近いことが読み取れる。一方、「親しみやすいー親しみにくい」「美しいー醜い」「自然なー不自然な」「進歩的なー保守的な」「安定したー不安定な」では3種類のモデルの平均評定値が非常に近似していることが読み取れる。

怒りの表情 (A3, B3, C3) に対する平均評定値を SD プロフィールに示した (図 6-16)。怒りの表情を示す感性表現では3種類のモデルが平均評定値の類似している。「男らしいー女らしい」の形容詞対では B モデルが A・C モデルより男らしいの方に少々近いことが読み取れる。「動的なー静的な」では C モデル

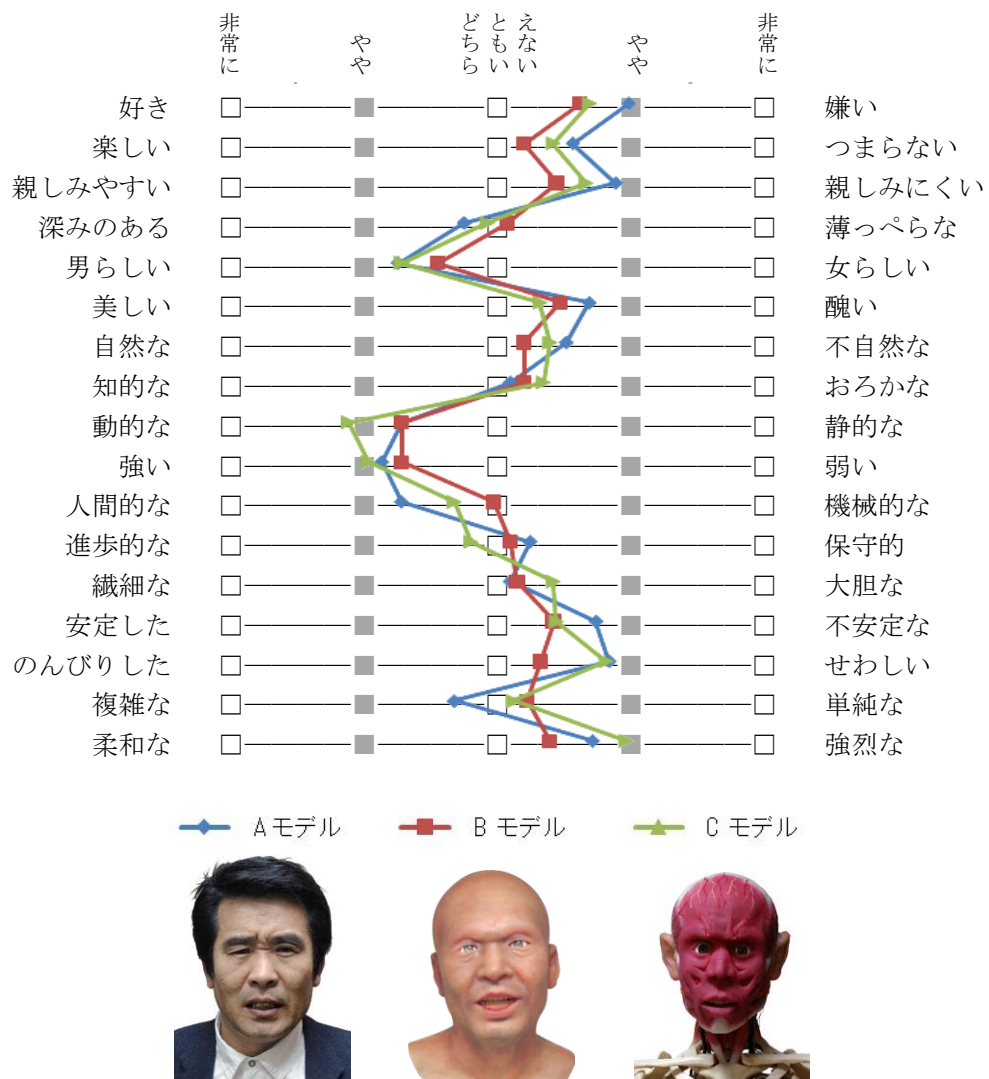


図6-16. 怒りの表情 (A3, B3, C3) の刺激によるSDプロフィール比較

が A・B モデルより動的なの方に少々近く、「繊細な—大胆な」でも C モデルが A・B モデルより大胆なの方に少々近いことが読み取れる。「安定した—不安定な」の形容詞対では A モデルが B・C モデルより不安定なの方に、「複雑な—単純な」でも A モデルが B・C モデルより複雑なの方に少々近いことが読み取れる。

嫌悪の表情 (A4, B4, C4) に対する平均評定値を SD プロフィールに示した (図 6-17)。嫌悪の表情を示す感性表現では 3 種類のモデルが平均評定値の類似している。「深みのある—薄っぺらな」の形容詞対では B モデルが A・C モデルより薄っぺらなの方に少々近く、「知的な—おろかな」でも B モデルが A・C モデルよりおろかなの方に少々近いことが読み取れる。「のんびりした—せわし

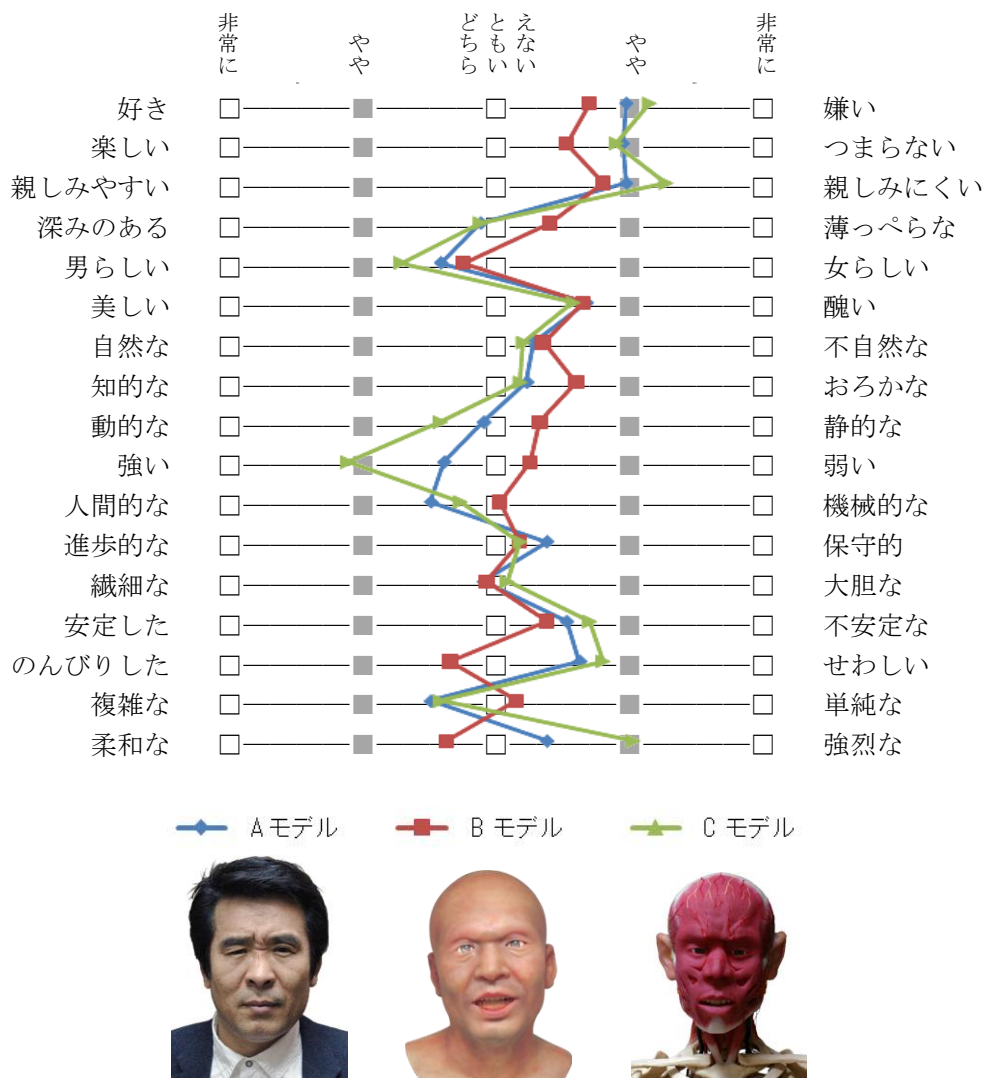


図6-17. 嫌悪の表情 (A4, B4, C4) の刺激によるSDプロフィール比較

い」の形容詞対では B モデルが A・C モデルよりのんびりしたの方に、「複雑なー単純な」でも B モデルが A・C モデルより単純なの方に近いことが読み取れる。

AモデルとCモデルは「強いー弱い」以外の形容詞対の平均評定値が非常に近似していることが読み取れる。

驚きの表情 (A5, B5, C5) に対する平均評定値をSDプロフィールに示した (図6-18)。驚きの表情を示す感性表現では3種類のモデルが平均評定値の類似している。「親しみやすいー親しみにくい」「男らしいー女らしい」の形容詞対はAモデルとCモデルは近似した結果となったが、Bモデルは親しみやすいと男らしいの方に少々近いことが読み取れる。一方、「動的なー静的な」「強いー弱い」

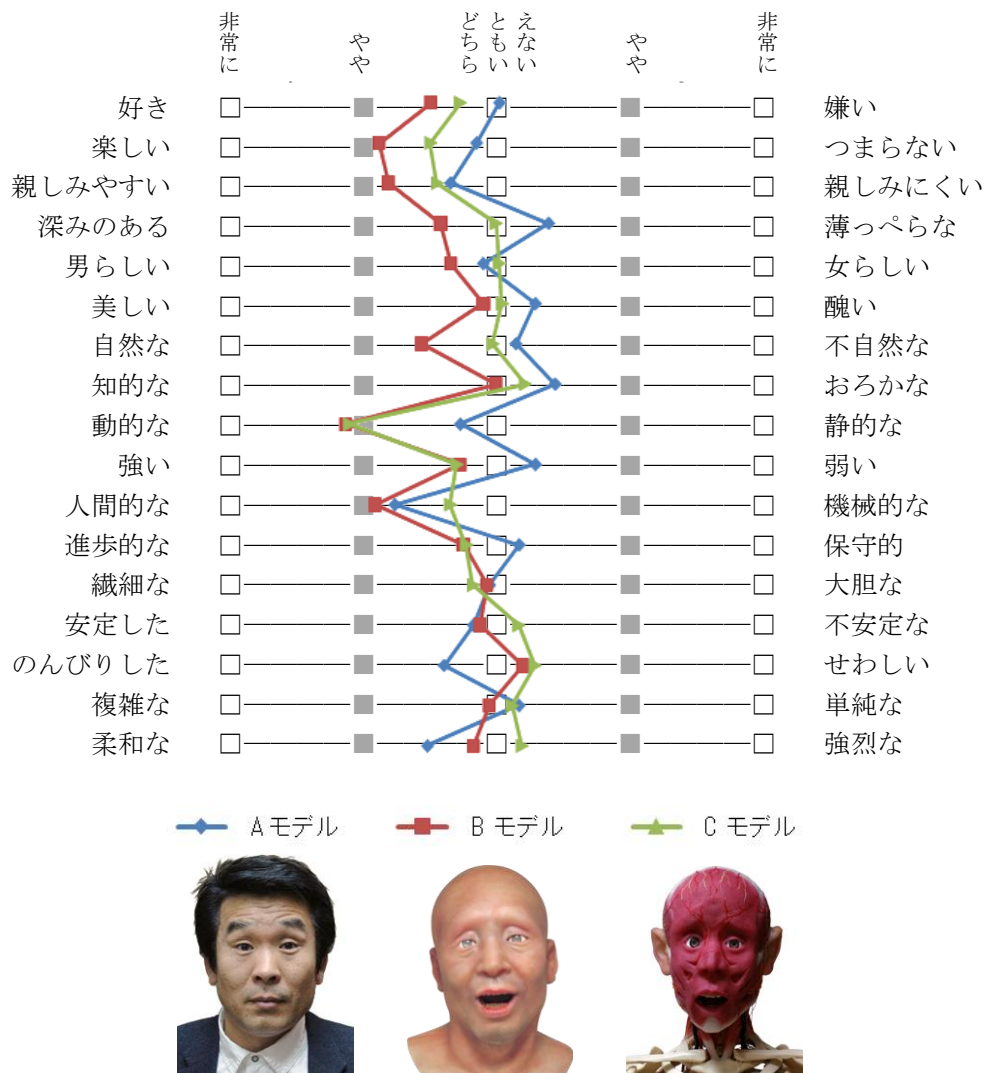


図6-18. 驚きの表情 (A5, B5, C5) の刺激によるSDプロフィール比較

「進歩的なー保守的な」の形容詞対はBモデルとCモデルは非常に近似した結果をもたらしたが、Aモデルは静的な、弱い、保守的なの方に近いことが読み取れる。「繊細なー大胆な」「複雑なー単純な」の形容詞対は非常に近似した結果となった。

恐れ表情 (A6, B6, C6) に対する平均評定値をSDプロフィールに示した (図6-19)。恐れ表情を示す感性表現では、BモデルとCモデルが平均評定値の近似した流れを示したが、AモデルはB・Cモデルと非常に異なる結果となった。「好きー嫌い」「親しみやすいー親しみにくい」「のんびりしたーせわしい」「柔和なー強烈な」の形容詞対はBモデルとCモデルでは非常に近似した結果となった。

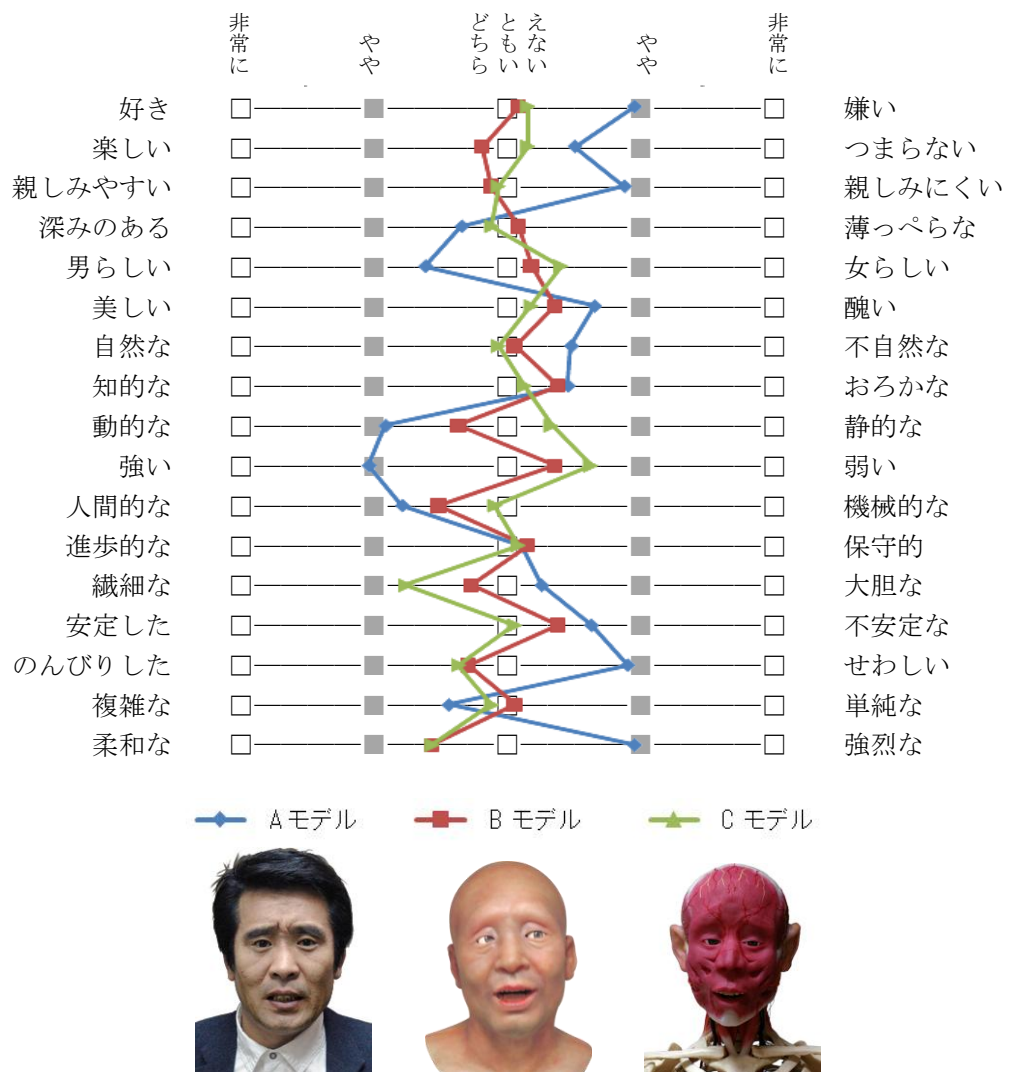


図6-19. 恐れ表情 (A6, B6, C6) の刺激によるSDプロフィール比較

一方、Aモデルは平均評定値の差が大きく、B・Cモデルとは非常に異なる結果となった。しかし、「深みのあるー薄っぺらな」「美しいー醜い」「知的なーおろかな」「複雑なー単純な」の形容詞対に関しては3種類のモデルの平均評定値が類似しており、特に「進歩的なー保守的な」の形容詞対に関しては非常に近似した結果となった。

6-2-2. 人間モデルとアニマトロニクスによる主成分分析

SDプロフィールの平均評定値の比較により、Aモデルは人間の姿をしているBモデルより筋肉の姿をしているCモデルにより近似した結果となった。CモデルとBモデルは、対象になった人間モデルは異なるがSDプロフィールによる分析より、平均評定値に類似点がみられた。次に、各モデルの表情を同じ形容詞対尺度を用いて主成分分析を行い、関連性や異なる点に関して考察する。

SDプロフィールに基づき、それぞれの表情に対する感性表現についての特徴的な因子を抽出するために主成分分析を行った。表6-5のようにバリマックス回転後の主成分係数行列を示す。この表より第1主成分、第2主成分、第3主成分の3因子が確認できると考えられる。

表6-6. 全モデルを刺激にした印象評価実験より得られた主成分係数行列

印象評価尺度	主成分		
	F1	F2	F3
親しみやすいー親しみにくい	.965	-.168	-.009
楽しいーつまらない	.955	.043	-.140
好きー嫌い	.951	-.206	.132
美しいー醜い	.891	-.132	.274
自然なー不自然な	.805	-.242	.454
進歩的なー保守的	.802	.351	-.198
安定したー不安定な	.680	-.476	.338
複雑なー単純な	-.551	.532	.284
強いー弱い	-.080	.948	.132
のんびりしたーせわしい	.351	-.890	-.092
柔和なー強烈な	.461	-.848	.029
動的なー静的な	.512	.811	-.176
繊細なー大胆な	-.170	-.772	.330
男らしいー女らしい	-.365	.763	.176
深みのあるー薄っぺらな	-.062	.743	.462
人間的なー機械的な	.501	.579	-.014
知的なーおろかな	.168	.173	.909
寄与率 (%)	39.11	35.00	10.53

第1主成分は「親しみやすい-親しみにくい」「楽しい-つまらない」「好き-嫌い」「美しい-醜い」「自然な-不自然な」「進歩的な-保守的な」「安定した-不安定な」「複雑な-単純な」などの得点が高いことから「好感」の軸と解釈した。

第2主成分は「強い-弱い」「のんびりした-せわしい」「柔らかな-強烈な」「動的な-静的な」「繊細な-大胆な」「男らしい-女らしい」「深みがある-薄っぺらな」「人間的な-機械的な」などの得点が高いことから「パワー」の軸と解釈した。

第3主成分は「知的な-おろかな」などの得点が高いことから「インテリジェンス」の軸と解釈した。

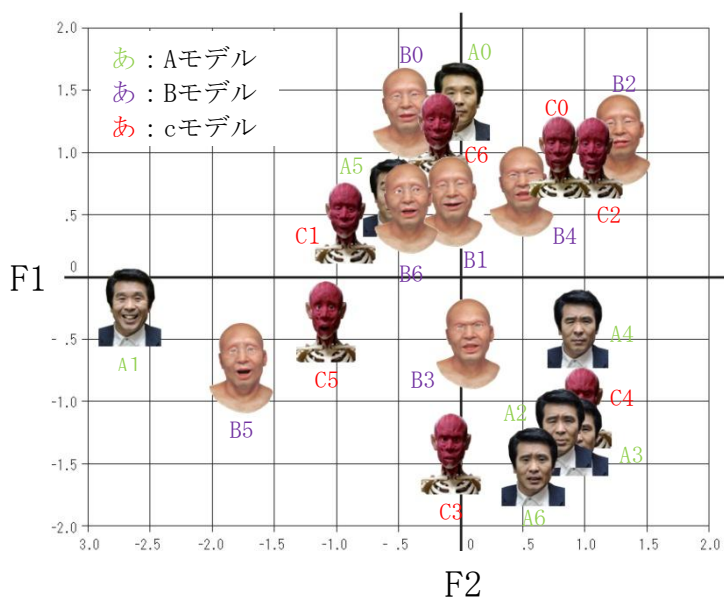


図6-20. 全モデルの主成分得点布置図
(第1主成分:「好感」、第2主成分:「パワー」)

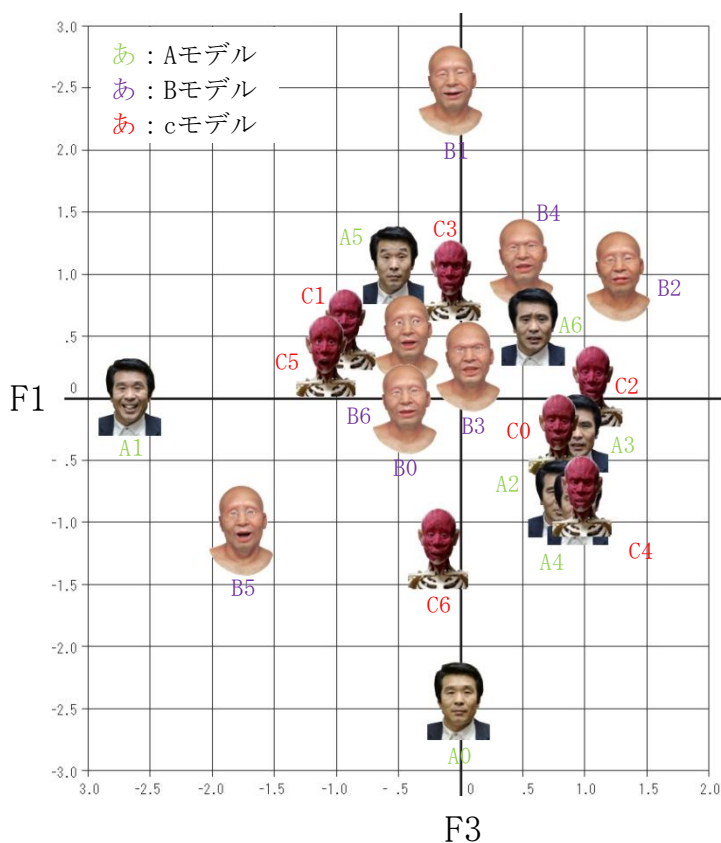


図6-21. 全モデルの主成分得点布置図
(第1主成分:「好感」、第3主成分:「インテリジェンス」)

(1) 第1主成分と第2主成分の主成分得点布置

第1主成分「好感」と第2主成分「パワー」の主成分得点を図6-20に示す。

図6-20より、無表情の表情は3種類全て「パワー」がなく、Cモデルは第1象限、Bモデルは第2象限に位置するが、3種類が近接しており類似性があるといえる。

喜びの表情はBモデルとCモデルのアニマトロニクスが第2象限に位置し、それぞれ近づいて類似性を持っているが、Aモデルは第3象限に位置し、非常に「好感」がある。

悲しみの表情もBモデルとCモデルのアニマトロニクスが第1象限に位置し、それぞれ近づいて類似性を持っているが、Aモデルは第4象限に位置し、「パワー」がある結果となった。

怒りの表情はBモデルとCモデルのアニマトロニクスが「好感」については0に近づいており、類似性を持っている。また、「パワー」に関しては、AモデルとCモデルが類似性を持っている。

嫌悪の表情は第4象限にAモデルとCモデルが位置して類似性を持っているが、Bモデルは第1象限に位置する。

驚きの表情は第3象限にBモデルとCモデルの二つのアニマトロニクスが位置して類似性を持っているが、Aモデルは第2象限に位置する。

恐れ表情は第2象限にBモデルとCモデルの二つのアニマトロニクスが位置して類似性を持っているが、Aモデルは反対の第4象限に位置する。

第1主成分「好感」と第2主成分「パワー」の得点布置図より喜びの表情、悲しみの表情、怒りの表情の得点布置において、BモデルとCモデルが類似性を持っている結果をもたらした。しかし、Aモデルに対しては、BモデルよりもCモデルの方が類似性を持っているという結果をもたらした。

第1主成分「好感」に注目すると、口部分の動きが影響していると解釈できる。「好感」があるの方には、AUとしてはAU12（唇両端を引張り上げる）とAU26（顎を下げて唇を開く）、MUとしてはmuG（口角の引き上げ、引き下げ）とmuJ（顎の開閉）の動作量が影響を及ぼす。「好感」がないの方には、AUとしてはAU10（上唇を上げる）とAU15（唇両端を下げる）とAU17（オトガイを上げる）、MUとしてはmuC（上唇の上下左右の動き）とmuD（オトガイの皮膚を引き上げ、皺を作る）とmuH（口角の押し上げ、おし下げ）の動作量が影響を及ぼすことが分かった。

第2主成分「パワー」に注目すると、眉部分の動きが影響していると解釈できる。AUとしてはAU1（眉の内側を上げる）とAU4（眉を下げる）、MUとしてはmuB（眉及び眉間の上下左右の動き）とmuI（鼻面の皺を作る）の動作量が多く

なるほど「パワー」がある方に影響を及ぼす。反対にそれらの動作量が少なくなるほど「パワー」がない方に影響を及ぼすことが分かった。

(2) 第1主成分と第3主成分の主成分得点布置

第1主成分「好感」と第3主成分「インテリジェンス」の主成分得点を図6-21に示す。図6-21より、無表情の表情では、BモデルとCモデルのアニマトロニクスが「インテリジェンス」については0に近づいて類似性を持っている。反対に、Aモデルは非常に「好感」がある結果となった。喜びの表情はAモデルでは「インテリジェンス」が0に近づいており、非常に「好感」がある。しかし、BモデルとCモデルの二つのアニマトロニクスが第2象限に位置して類似性を持っている。

悲しみの表情は3種類の全て「好感」がないという類似性を持っているが、BモデルとCモデルのアニマトロニクスは第1象限に位置し、Aモデルは第4象限に位置しているため、すこし「好感」がないといえる。

怒りの表情はBモデルとCモデルの二種類のアニマトロニクスが「好感」が0に近づいて類似性を持っている。Bモデルは少し「インテリジェンス」である反面、AモデルとCモデルは非常に「インテリジェンス」である結果となり、類似性を持っている。

嫌悪の表情は第4象限にAモデルとCモデルが位置し、類似性を持っている。Bモデルは第1象限に位置する。

驚きの表情は第2象限にAモデルとCモデルが位置して類似性を持っているが、Bモデルは第3象限に位置する。

恐れ表情は第1象限にAモデルが位置しているが、第3象限にはCモデルが、Bモデルは第4象限に位置する。

第1主成分「好感」と第3主成分「インテリジェンス」の得点布置図はAモデルとCモデルが類似性を持っているという結果をもたらした。

第3主成分「インテリジェンス」に注目すると、例外はあるが各表情の感性空間に全体的なMUの動作量が影響していることが分かった。MUの動作量が全体的に少なくなるほど「インテリジェンス」である方に影響を及ぼし、MUの動作量が全体的に多くなるほど「インテリジェンス」ではない方に影響を及ぼすことが分かった。

(3) 全主成分による印象評価

図 6-20 と図 6-21 より、「好感」「パワー」「インテリジェンス」の 3 次元感性空間に注目すると、A5（驚きの表情）、B0（無表情の表情）、B4（嫌悪の表情）、B6（恐れ of 表情）、C1（喜びの表情）、C5（驚きの表情）が近接しており、第一のグループと見なすことができる。また、A2（悲しみの表情）、A3（怒りの表情）、A4（嫌悪の表情）、C4（嫌悪の表情）が近接しており、第二のグループと見なすことができる。各グループによって類似した表情は、第一のグループでは A5（驚きの表情）と C5（驚きの表情）、第二のグループでは A4（嫌悪の表情）と C4（嫌悪の表情）であり、B モデルより C モデルが A モデルとの類似性があることが分かった。

6-3. 印象評価実験の結果

第1主成分の「好感」空間では、Aモデルの喜びの表情、Bモデルの驚きの表情以外の表情は類似性があると考えられる。特に、三つのモデルに対する悲しみの表情、怒りの表情、嫌悪の表情については類似性が高く、無表情の表情、驚きの表情、恐れ表情については関連性が薄い結果が得られた。また、各表情において口部分の動作が影響している。

第2主成分の「パワー」の軸に注目すると、Aモデルの無表情の表情、驚きの表情、Bモデルの無表情の表情、喜びの表情、悲しみの表情、嫌悪の表情、恐れ表情、Cモデルの無表情の表情、喜びの表情、悲しみの表情、恐れ表情等が一つのグループを形成し、Aモデルの喜びの表情、悲しみの表情、怒りの表情、嫌悪の表情、恐れ表情、Bモデルの怒りの表情、驚きの表情、Cモデルの怒りの表情、嫌悪の表情、驚きの表情等が一つのグループを形成している。三つのモデルに対して類似性がある表情は無表情の表情と怒りの表情である。また、各表情において眉部分の動作が影響していると思われる。

第3主成分の「インテリジェンス」空間に注目すると、Aモデルの無表情の表情、Bモデルの喜びの表情等が他の表情から離れて分布しているのに対し、それ以外の表情はそれぞれ近いところに分布しており判別が難しい。例外はあるが各表情において「インテリジェンス」の感性空間には全体的なMUの動作量が影響していると思われる。

実験3の結果、BモデルとCモデルは全体的に類似した感性空間に分布しており、三つのモデルの表情は相対的に、Bモデルよりも、Cモデルのほうが主成分分析による意味空間上で、Aモデルと類似した評価がなされたことが分かった。

表情変化におけるアクチュエータの作動に関する物理的な変化量と、その結果表される予めロボットのアクチュエータの作動を設定して予測した表情 (B1~B6、C1~C6) に対して被験者がSD法によって判断した表情とは必ずしも一致しなかった。この理由は以下のように考えられる。

(1) 静止画と動画の表情伝達への影響

本実験には刺激として静止画を用いた点がまずあげられる。

森政弘 (1970) が提唱した「不気味の谷 (Uncanny Valley)」 [31] はロボットの外見と動作によって引き起こされる、人間の感情的な反応を類推するものである。「不気味の谷」における静止画と動画に対する人間の感情的な反応に違いがあり、動画がより人間の感情に与える影響が高いことがわかる。静止画は人間の

感情に与える影響が低いことより、類似性の検討に動画を刺激として用いることで、静止画での評価と異なった結果になることも考えられる。

(2) 人間の顔面表情の解読における不正確さ

表情からの感情伝達の程度と顔面表情の解読は、文化、環境、性格などによる個人差が存在する。井上弥ら（1990）は顔面表情の認知能力に、ある性格特性と関連した個人差が存在することを示した[32]。特に、Shimodaら（1979）は、顔面表情の解読は、日本人が日本人の表情を解読する場合でも、正答率は44%にとどまること示した[33]。人間が人間の表情を真似するロボットに感じる感情は、ロボットが予め持っている印象に対する先入観によって判断が異なることもあると考えられる。

一方、人間の顔の姿をしているBモデルが顔筋肉の姿をしているCモデルよりもAモデルとの類似性が低かったことは予想外の結果である。顔表情に重要な役割を担う口角筋軸の位置やムービングポイントの位置等の新たな運動要素をCモデルに加えたことによる印象の変化が原因であると考えられる。

表情伝達という問題において人間表情をロボットで表現するには、予測される表情に対し単にアクチュエータ操作の変化量の一致だけでは不十分であることが分かった。より繊細なムービングポイントの配置やロボットの表情の持つ記号的意味について更なる検討が必要である。