原著論文

3次元椅子モデルの高級感における形状と 鏡面反射の影響分析と物理量化手法

武田 秀貴, 柴田 滝也

東京電機大学情報環境学部

Analysis of High-grade 3D Chair Models by Form, Specular Reflection and their Feature Descriptions

Hidetaka TAKEDA and Tatsuya SHIBATA

School of Information Environment, Tokyo Denki University, 2-1200 Muzai Gakuendai, Inzai-shi, Chiba 270-1382, Japan

Abstract : We build a method for new feature descriptions of 3D models. This method is based on independent or combined descriptors with shape and specular reflection to retrieve 3D models with light. Light plays an important role in form and appearance of 3D objects. We obtain a good relationship between shape and specular reflection and high-grade of 3D chair models. We compare independent descriptors and combined descriptors for shape and specular reflection by multiple regression analysis. As a result, we find that form and the position of specular reflection play an important role in high-grade response to 3D chair models using two kinds of light.

Keywords : 3D model, Shape and light reflection, Feature descriptors, High-grade

1. はじめに

1.1 研究背景

建築や工業デザインの分野では、CADソフトが普及し、一般ユーザが使用でき、googleのsketchupなどを用いて建物や工業デザインの3次元物体モデルの作成が行える。このように3次元物体モデルを製作するツールが普及し、作成した3次元物体モデルを利用できるサービスが増えることにより、今後、3次元物体モデルを検索するシステムが必要になる。

3次元物体モデルの検索システムでは、現行の主なキーワードを入力するテキストによる検索方法より、3次元物体モデルから抽出した物理量を用いた方法が有効である。これは、同一キーワードでもユーザと第三者の感じ方に相違があり、意図しない検索結果が含まれるからである。よって、物理量とキーワードの関係を調べることで、感じ方の相違に適応したユーザに合わせた検索結果を返すシステムが今後必要になる。

従来の3次元物体モデルの物理量抽出手法は、主に形状について提案されており[1-5]、他にも形状と質感あるいは色の物理量抽出方法が提案されている[6, 7]。しかし、3次元物体モデルの形状、色、質感の見え方は照明環境に依存しており、照明環境を含めた3次元物体モデルの物理量の計算方法の研究は少ない。よって、本研究では、物体を見るために必要な光(照明)、そして光によって強調される質感(鏡面反射)から新たな物理量抽出手法のアプローチを探った。

1.2 照明や質感に関する先行研究

建築デザインやインテリアデザインなど様々な分野で照明による評価実験が行われているが[8, 9]、評価対象は家具の有無における室内全体の評価であり、家具単体に対する評価ではない。また、本吉らは、人間は画像における輝度ヒストグラムの歪みの情報から表面の光沢感などの質感を知覚していることを明らかにした[10]。しかし、質感への反応は光沢の知覚以外に、光沢強度や光沢の形状によって印象が変わることがあり、それらについては述べられていない。よって、輝度ヒストグラムと対応関係にある光沢強度分布つまり光沢強度別面積を計算すれば、質感の物理量化が可能になる。

そこで予備実験で照明照射方向、形状、質感の3要因を3元配置分散分析で分析した結果、「高級感のある—高級感のない」、「透明感のある—透明感のない」の評価において、形状と質感の交互作用による影響(1%有意)がみられた[11]。本稿では、この結果および従来研究の問題点を踏まえて、形状と質感(特に鏡面反射による光沢)を兼ねた物理量として、3次元物体モデルの鏡面反射による光沢強度別の面密度(鏡面反射物理量と呼ぶ)や物体中心からの距離に依存した光沢強度別の面密度(形状・鏡面反射物理量と呼ぶ)の抽出手法を考案した。両物理量とも、視点方向、照明方向、形状に依存しており、回転不変量にはならない。よって、高級感は形状以外の光沢強度も重要であると考えた。

本研究では、「高級感」と関連するのは、形状、光沢強度、光沢強度に依存した形状と考え、形状物理量、光の反射によって印象付けられる鏡面反射物理量、あるいは、形状・鏡面反射物理量との関係を分析し、有効性を検証する。

2. 物理量抽出手法

2.1 頂点に周辺面積を付加させる方法

筆者らは、3次元物体モデルの面密度を用いた回転不変の形状物理量を提案し、高精度の類似検索システムを構築した [1]。本稿では、その形状物理量の抽出手法を参考にし、光沢強度別の面密度の抽出手法を用いた鏡面反射物理量を新たに提案する。上記の面密度と形状は関連することが分かっており [1]、以下面密度の求め方を説明する。

3次元物体モデルを構成する基本情報は頂点であり、3つの頂点を指定することで3次元物体モデルの一部である三角ポリゴンの面が構成され、三角ポリゴンの面の連なりによって3次元物体モデル形状が構成される。この三角ポリゴンデータを利用して形状や質感に関連する鏡面反射（光沢）に関する物理量を抽出する。本稿では物理量として、頂点周辺にある三角ポリゴンの面の面積を用いる。図1に示すように点 v_1 、 v_2 と点 v_1 、 v_3 の中点をそれぞれ v_{mid3} 、 v_{mid2} とし、三角ポリゴンの重心の点を v_G とする。図1の頂点 v_1 に面積を付加させる方法として、頂点 v_1 周辺の三角形 $v_1v_{mid3}v_G$ と三角形 $v_1v_{mid2}v_G$ の面積（図1灰色部分）を割り当てる。頂点 v_1 に対して隣接する他の三角ポリゴンの構成要素となっている場合は、その三角ポリゴンの面積にも同様の計算を行い頂点に面積を累積させる。

2.2 距離に依存した形状物理量（単独物理量）

既往研究 [1] で物体の中心からの距離に依存した形状物理量を提案し、有効性を確認したのでその手法を適用する。ここでいう距離に依存した物理量とは、3次元物体モデルの中心からの距離に対応した物体の面密度とし、以下説明する。

同物体でもサイズが異なることで違う物体とならないように、サイズの正規化を行う。方法として、3次元物体モデルの中心座標と中心からの最長距離を求め、全ての距離を最長距離で除算する（図2）。次に、正規化された最大距離（=1）を α 分割し、中心からの頂点 n への距離 Dn ($0 < Dn \leq 1$) を各分割範囲に対応させ、前節で述べたように頂点 n に割り当てられた面積を累積させる。最終的に全範囲の和が1になるように正規化を行い、各距離範囲内の面密度を形状物理量 $f_\alpha(i)$ ($i = 0, 1, \dots, \alpha-1$) とし、形状物理量（面密度値）の総数は α となる（図2）。

図1 頂点 v_1 への面積割り当て方法

図2 中心距離に対応する同心球環内の面密度分布 $f_\alpha(i)$

2.3 光沢強度に依存した鏡面反射物理量（単独物理量）

光沢強度を測定するために、コンピュータ・グラフィックスの分野で用いられる鏡面反射計算モデル [12] を参考にした。頂点が受ける照明照射方向ベクトルの向きを図3のように光源位置と頂点を結ぶ直線上に単位ベクトル $\vec{l}$ として定義する。さらに視線ベクトル $\vec{v}$ と照明照射方向ベクトル $\vec{R}$ ($\vec{R}$ は頂点法線ベクトル $\vec{p}$ に対して照明照射方向ベクトル $\vec{l}$ の対称ベクトル) により鏡面反射角度 θ_s が定義される。物体表面の光沢強度は鏡面反射角度 θ_s に依存する計算モデルで、鏡面反射角度 θ_s が0の時、光沢強度は最大になり、鏡面反射角度が大きくなるにつれて光沢強度は小さくなる。よって、鏡面反射物理量は、各鏡面反射角度における物体の三角ポリゴンの面積を用いて各光沢強度の物体の面密度を計算した値とする。

ここで、三角ポリゴンの面ではなく頂点对応した光沢強度を計算するために、三角ポリゴンを構成する頂点にその三角ポリゴンの法線ベクトル全てを合成したベクトルを頂点の

図3 鏡面反射角度に対応する面密度分布 $g_\beta(j)$

図4 頂点法線ベクトルの定義

頂点法線ベクトルと定義する。例えば、図4の頂点は三角ポリゴン1と三角ポリゴン2の構成要素であるため、三角ポリゴン1の法線ベクトル $\vec{n}_1$ と三角ポリゴン2の法線ベクトル $\vec{n}_2$ を合成したベクトルが頂点法線ベクトル $\vec{p}$ となる。

照明照射方向ベクトルの向きは照明の種類によって定義が異なる。平行光源なら一方向の向きであるが、スポットライト光源や点光源は光源の位置から四方に放射するため位置によって向きが異なる(図5)。角度により鏡面反射(光沢)の強度が変化するので、鏡面反射物理量は鏡面反射角度(光沢強度)別の面密度とする。

最大鏡面反射角度を β 分割し、各頂点の鏡面反射角度 θ_s を各分割範囲に対応させ、頂点に割り当てられた三角ポリゴンの面積を累積させる。最終的に全範囲の和が1になるように正規化を行い、鏡面反射角度範囲内の面密度を鏡面反射物理量 $g_\beta(j)$ ($j=0, 1, \dots, \beta-1$)とし、鏡面反射物理量(面密度値)の総数は β となる(図3)。

2.4 距離と光沢強度に依存した形状・鏡面反射物理量

形状・鏡面反射物理量は形状物理量と鏡面反射物理量の抽出手法を組み合わせた結合物理量であり、中心距離別かつ鏡面反射角度別の面密度からなる。図6に概略と面密度分布例を示す。物体の中心から頂点までの最長距離を α 分割、最大鏡面反射角度を β 分割するとき各分割範囲の条件を満たす範囲内の頂点に、前節で説明したように、割り当てられた三角ポリゴンの面積を累積する。最終的に全範囲の和が1になるように正規化を行い、各距離および各角度の組み合わせ範囲

図5 照明照射方向ベクトルと頂点法線ベクトル

図6 距離・角度に対応する面密度分布 $s_{\alpha, \beta}(i, j)$

内の面密度を形状・鏡面反射物理量 $s_{\alpha, \beta}(i, j)$ ($i=0, 1, \dots, \alpha-1$; $j=0, 1, \dots, \beta-1$)とし、形状・鏡面反射物理量(面密度値)の総数は $\alpha \times \beta$ となる。

3. 形状および鏡面反射と高級感との関係分析

3.1 心理実験1内容

心理実験1では、形状および質感も豊富であり、照明との関連から家具の中で椅子を選択した。3次元物体モデルの椅子データとしてOAチェアやデザイナーズチェアから113脚収集した。椅子データを絞るために、次の予備実験を行った。3次元椅子データの色は白色に統一し、質感をマット(鏡面反射無)、照明の種類は白色の平行光源でかつ照射方向は椅子座面に垂下に照射する。対象物が最も見えやすい右斜め上からの視線方向を設定した。イメージ語はインテリアに利用される形容詞[13]の中から意味の異なる14種類のイメージ語対を採用した。被験者(20代前半の学生7名)にランダムにサンプルデータを提示し、ランダムにイメージ語対評価(5段階評価)を行った。

被験者のイメージ語対評価データの平均値を因子分析(バリマックス回転)で解析し因子得点を求め、クラスター分析(ward法)で分析した結果、20グループに椅子を分類した。各グループから代表サンプル1脚を筆者が選択した。

次の条件のもと、照明照射方向と椅子との組み合わせサンプルを作成し、心理実験1を行った。本実験は、最適な分割数 α 、 β の値を求めること、鏡面反射のある椅子サンプルに対して高級感と形状物理量と鏡面反射物理量(単独物理量)および形状・鏡面反射物理量(結合物理量)との関係进行分析することにより両物理量の有効性を検証することを目的とする。

心理実験1:

- ・椅子サンプル数: 白色20脚(図7参照)
- ・照射方向: 水平3方向×垂直3方向、垂下1方向の計10方向(図8参照)
- ・視線方向: 右斜め上方向のみ(図9参照)
- ・反射の種類: 鏡面反射のみ
- ・光源の種類: スポットライト光源(白色光)のみ

図7 実験サンプル例

図8 照明照射方向

図9 視線方向とサンプル例

被験者は住宅などの設計演習の経験のある20代の学生9名（男性8名、女性1名）で、上記の条件の組み合わせによる椅子サンプル（総数200サンプル）をランダムに提示し、「高級感のある—高級感のない」について7段階評価（図10）を行った。被験者数は少数だが、設計の知識を持っているということで傾向が分かると判断した。

3.2 分割数について

物体の中心からの距離の最適分割数 α と鏡面反射角度の最適分割数 β を分析した。中心からの最長距離の分割数 α を10, 15, 20, 最大鏡面反射角度の分割数 β を10, 15, 20とし、最適な分割数を求める。具体的には被験者9名の平均データを目的変数、形状物理量と鏡面反射物理量の両方を含む単独物理量、もしくは、形状・鏡面反射物理量の結合物理量を説明変数とした重回帰分析（ステップワイス法）で得られる自由度調整済み決定係数で比較した。単独物理量の変数は α , β 値加算により20, 30, 40変数、結合物理量の変数は乗算により100, 225, 400変数となる。その結果を表1に示す。分割数 α , β 値は、それぞれ20分割時に調整済み決定係数が高いことが分かり、以後の物理量の分析では分割数 α , β 値はそれぞれ20とする。また、形状・鏡面反射物理量の結合物理量の方が、単独物理量より高い数値を取る結果となった。さらに、結合物理量のみだと決定係数は0.91（64説明変数）に対して、形状データが加味されていないので、形状

図10 評価用スケールとスコア

表1 分割数別の決定係数値

分割数	単独物理量	結合物理量	結合+形状物理量
10	0.28	0.34	
15	0.46	0.52	
20	0.77	0.91	0.95

物理量20変数を結合物理量に追加した結果、決定係数は0.95（66説明変数）になった。よって、結合物理量のみより結合物理量に形状物理量を追加した方が、結果が良くなることが分かった。

3.3 高級感と形状および鏡面反射の物理量の関係分析

表2に高級感に関連する物理量における標準化偏回帰係数を示す。表2内の物理量は、標準化偏回帰係数の絶対値が0.1以上であり、負の値がより高級感を上昇させ、正の値が下降させる物理量となる。記号D01は形状物理量を指し、Dが形状物理量、01 ($0 < Dn \leq 0.05$) が $\alpha (=20)$ の分割位置番号を満たす時の面密度、記号D01A01は結合物理量を指し、D01とA01の条件を満たす時の面密度を指す。この時のAは鏡面反射物理量、01 ($0 \leq \theta_s \leq \pi/20$) は $\beta (=20)$ の分割位置番号とする。表2の①、②は心理実験1における演習経験のある被験者（9名）で鏡面反射のあるサンプル（200サンプル）について、③は次章で説明する心理実験2における被験者（25名）ですべてのサンプル（800サンプル）についての分析結果である。①、③は心理実験1の結果が良かった結合物理量に形状物理量を追加した420物理量、②は結合物理量のみ400物理量の結果である。

①、②の結果から、形状物理量と高級感と関連があることがわかる。高級感を上昇させる形状物理量はD05, D08, D16などで、分割位置から中心付近や外側付近よりその間の内部の面密度が重要であることが示唆される。一方、高級感を下降させる形状物理量はD09 (D12, D13も一部含まれる) から、高級感を上昇させる分割位置に隣接する中間部の面密度に影響を受ける可能性がある。

さらに形状物理量が含まれる①の結果から、結合物理量の鏡面に関係する物理量A03 (D08A03, D09A03)に関連しており、光沢強度が高い（分割位置番号が01に近いほど光沢強度は高くなる）面密度値より、光沢強度が低い光沢強度が弱まり境界となる位置にある面密度値と関連することが示唆される。

形状物理量が含まれる①と含まれない②の結果から、①D03と②D03A01&D03A07, ①D08と②D08A04&D08A09, ①D11と②D11A16, ①D14と②D14A04&D14A06&D14A16など形状物理量における中心からの距離が同じである結合物理量と関係がある可能性があり、形状物理量に影響があることが示唆される。

一方、単独物理量の鏡面反射物理量については、ほとんど関係が見られなかった。理由としては、光沢強度別の面密度

表2 各実験における標準化回帰数値による関係分析

経験 有無	物理量種類		D01	D02	D03		D04	D05	D06	D07	D08			D09	
有 (実験1)	①結合 +形状	形状			0.246			-0.373			-0.816			0.48	
		結合		D02 A19							D08A03			D08 A03	
			-0.219								-0.209			-0.2	
	②結合 のみ				D03 A01	D03 A07	D04 A04		D06A06		D08 A04	D08 A09	D08 A16		
				0.202	0.281	0.374		-0.455		-0.286	-0.2	0.228			
両方 (実験2)	③結合 +形状	形状	0.249				-0.244	-0.173	1.64	1.55	-0.64			1.8	
経験 有無	物理量種類		D10	D11	D12	D13	D14			D15	D16	D18	D19	D20	決定 係数
有 (実験1)	①結合 +形状	形状	-0.36	-0.346			-0.925			0.31	-1.02		0.212	-1	0.95
		結合													
	②結合 のみ			D011 A16			D14 A04	D14 A06	D14 A16	D15 A15					0.9
				-0.207			-0.209	-0.207	-0.3	-0.2					
両方 (実験2)	③結合 +形状	形状	0.368		1.5	2.32				1.52	-0.6	0.647	2		0.94

量のみでは説明できないと考えられる。実際に、高級感の低いサンプルの一部には、背もたれ、座面、肘掛の面全体に光沢が存在し、面全体の眩しさが強調され、高級感が低下する傾向がある。

4. 光源の種類および鏡面反射の有無と高級感との関係分析

4.1 心理実験2内容

心理実験2では、心理実験1と同じ照明の照射方向と椅子サンプルの組み合わせサンプルに対して、分析項目として、(1) 光源の種類と (2) 鏡面反射の有無による単独物理量あるいは結合物理量+形状物理量による高級感の推定精度を検証する。よって、椅子データ20脚に対して、次の条件のもとサンプルを作成し心理実験を行った。

心理実験2：

- ・椅子サンプル数：白色20脚
- ・照射方向：水平3方向×垂直3方向、垂下1方向の計10方向
- ・視線方向：右斜め上方向のみ
- ・分析内容：
 1. 光源の種類：平行光源、スポットライト光源の2種類
 2. 反射の種類：鏡面反射無（マット）、有の2種類

被験者は20代の学生25名（男性21名、女性4名）で、住宅などの設計演習の経験のない人も含めることにより、心理実験1の設計演習の経験の有無による鏡面反射への反応の違いを分析する。上記の条件の組み合わせによる椅子サンプル（総数800サンプル）をランダムに提示し、「高級感のある—高級感のない」について7段階評価を行った。

4.2 光源の種類および鏡面反射の有無の違いにおける分析

光源別（平行光源とスポットライト光源）に被験者25名の「高級感のある—高級感のない」の平均データ（心理量）を目的変数、形状物理量と鏡面反射物理量の両方を含む単独物理量の場合と、形状・鏡面反射物理量の結合物理量と形状物理量の両方を含む場合に分けて重回帰分析を行った。自由度調整済み決定係数を表3に示す。サンプル数は、平行光源とスポットライト光源混合の場合（①両光源）は800サンプル（単独物理量：22説明変数、結合+形状物理量：57説明変数）、光源別で鏡面反射無（マット）と鏡面反射有の両方含まれる場合（②平行光源③スポットライト）は400サンプル、光源別で鏡面反射有のみの場合は200サンプル（④平行光源⑤スポットライト）となる。

②と③および④と⑤の比較から、光源の種類によって精度は変化しない。よって、光源の種類の違いによる精度の差は少ないことが分かる。

①②③と④⑤の比較から、鏡面反射有のサンプルの場合は、単独物理量、結合物理量+形状物理量の両方とも少し高い決定係数値を取るが、鏡面反射の有無によっての違いによる精度の差は少ないことが分かる。

表3 反射や光源の種類別による決定係数値

反射の種類	光源の種類	単独物理量	結合+形状物理量
マット・鏡面反射混合	①平行光源・スポットライト混合	0.917	0.946
	②平行光源	0.915	0.937
	③スポットライト	0.914	0.941
鏡面反射のみ	④平行光源	0.927	0.964
	⑤スポットライト	0.927	0.963

4.3 設計演習の経験の有無による分析

心理実験1, 2の分析結果から, 高級感への反応の違いが分かる。具体的には, 心理実験1の被験者は, 設計演習の経験があるので, 表2の①, ②より高級感においては鏡面反射と関係のある結合物理量との関係が見られる。一方, 設計演習の経験がない被験者が含まれる心理実験2の被験者は, 表2の③から, 結合物理量との関係が弱くなり, 形状物理量がより影響を受けること分かる。つまり, 経験により高級感の認知過程が形状から, 鏡面反射による光沢に影響を受ける可能性が示唆された。

4.4 単独および結合物理量の分析

表2の③は, 心理実験2における設計演習経験のない被験者を加えた, すべてのサンプルについて, 結合物理量+形状物理量=420物理量の結果である。4.3節で述べた通り, 形状物理量により影響を受けることが分かる。よって, 形状から高級感を判断するグループが存在することが分かる。

5. ま と め

心理実験1の結果から, 設計演習経験のある被験者グループは鏡面反射がある椅子サンプルに対しては, 高級感は結合物理量の形状・鏡面反射物理量と関係があることが分かった。一方, 設計演習経験のない被験者を加えた心理実験2の結果より, 形状物理量の方が鏡面反射物理量より関係があることがわかった。よって, 高級感は形状に影響を受けるグループと形状および光沢に影響を受けるグループが存在することが示唆された。この理由としては, デザインに関する経験度と関係があるのではないかと考えられるが, 今後の課題として, 例えば, プロのカメラマンにアンケート調査をして, どの物理量に関係があるのかを検証する必要がある。

また, 鏡面反射のあるサンプルの高級感は, 光沢強度が強い面密度とはあまり関係なく, 一方, 光沢強度が下がり光沢が無くなる境界の面密度と関係がある可能性が示唆された。

現状, 説明変数の数が多いので, 変数を減らすべく, 今後は, あらゆる3次元物体モデルと高級感との関係を単独物理量もしくは結合物理量で分析・モデル化する。そして, データベースから高級感のある物体と照明照射方向を推定し, 検索するシステムを構築し, 高級感の適合率を分析することにより, 単独物理量もしくは結合物理量の有効性をさらに検証する。また, 特定の物体を選択した時に, 最適な照明照射方向を推定する仕組みを構築し, 適合率から単独物理量もしくは結合物理量の有効性を検証する。

参 考 文 献

[1] 武田秀貴, 柴田滝也: 3次元家具データにおける照明の照射方向と形状と質感の相互作用の分析, 日本感性工学会論文誌, Vol.7, No.4, pp.765-772, 2008.

- [2] 惣田智志, 加藤俊一: 不変特徴量を用いた3次元物体の形状類似検索, 電子情報通信学会, 信学技報, 2003.
- [3] 鈴木一史, 加藤俊一, 築根秀男: 主観的類似度に対応した3次元多面体の検索, 電子情報通信学会論文誌, D-I, Vol. J82-D-I, pp.185-193, 1999.
- [4] T. Funkhouser, P. Min, M. Kazhdan, J. Chen, A. Halderman, D. Dobkin, and D. Jacobs.: A search engine for 3D models, ACM Transactions on Graphics, 22(1), pp.83-105, 2003.
- [5] 衣鳩昌俊, 小田切智, 大淵竜太郎: 人の教示に基づく3次元メッシュモデルの形状類似検索, 映像情報メディア学会誌, Vol.57, No.8, pp.998-1007, 2003.
- [6] 向江亜紀, 加藤俊一: 3次元物体の形状と質感に対する感性のモデル化, 情報処理学会論文誌, Vol.47, SIG8, 2006.
- [7] 村上存, 湯浅修二, 田島史和, 斉藤裕樹: 形と色の特徴量を用いたデザイン支援に関する研究, 日本機械学会第11回設計工学・システム部門講演会講演論文集, pp.167-170, 2001.
- [8] 槇究, 澤知江: 室内雰囲気評価に及ぼす色彩・照明・素材の複合効果, 日本建築学会計画系論文集, pp.15-22, 1999.
- [9] 笹井一樹, 岡本成功, 久野覚, 原田昌幸, 斉藤良徳: 商業空間における照明環境と印象形成に関する研究, 照明学会全国大会講演論文集, 38, p.132, 2005.
- [10] I. Motoyoshi, S. Nishida, L. Sharan, and E. H. Adelson: Image statistics and the perception of surface qualities, Nature, 447, pp.206-209, 2007.
- [11] 武田秀貴, 柴田滝也: 3次元家具データにおける照明の照射方向と形状と質感の相互作用の分析, 第10回日本感性工学会大会, 2008.
- [12] J. D. Foley, S. K. Feiner, A. van Dam, J. F. Hughes: コンピュータグラフィックス理論と実践, オーム社, 2001.
- [13] 山際央明, 柴田滝也: データベースを用いたインテリア・コーディネート・エージェントに関する研究, 日本感性工学会論文誌, Vol.7, No.4, pp.685-692, 2008.

武田 秀貴 (非会員)

2010年 東京電機大学大学院先端科学技術研究科博士課程単位取得満期退学。主に感性工学の研究に従事。2011年 株式会社テクノプロ・エンジニアリングに入社し現在に至る。

柴田 滝也 (正会員)

1996年 ロンドン大学大学院 (University College London, Bartlett School of Graduate Studies) 博士課程修了。現在, 東京電機大学情報環境学部教授, PhD。この間, 感性情報処理, 都市景観等に関する研究に従事, 日本感性工学会, 電子情報通信学会, 日本建築学会の各会員。