原著論文

布地画像と実物の質感認識に関する基礎的研究

— 工学系と被服系学生の比較 —

石川 智治*, 佐藤 昂**, 松本 好史**, 佐々木 和也***, 清水 裕子***, 阿山 みよし*

* 宇都宮大学大学院工学研究科, ** 宇都宮大学工学部, *** 宇都宮大学教育学部

Fundamental Study on Texture Recognition of Cloth Image and Material

– Comparison between Engineering and Clothing –

Tomoharu ISHIKAWA*, Kou SATO**, Yoshifumi MATSUMOTO**, Kazuya SASAKI***,
Hiroko SHIMIZU*** and Miyoshi AYAMA*

* Graduate School of Engineering, Utsunomiya University, 7-1-2 Yoto, Utsunomiya, Tochigi 321-8585, Japan

** Faculty of Engineering, Utsunomiya University, 7-1-2 Yoto, Utsunomiya, Tochigi 321-8585, Japan

*** Faculty of Education, Utsunomiya University, 350 Mine, Utsunomiya, Tochigi 321-8505, Japan

Abstract : To clarify the mechanism concerning the human's texture recognition of cloth, it is important to investigate the influence of knowledge and experience. In this paper, combine memory formed based on knowledge and experience from vision and touch is defined as the visual-tactual memory. For two groups of observer which is having different amount of the memory, the cloth images and materials are presented by displaying and blinding, respectively. The observers select the material corresponding to the images taking drape and flat cloth. Result indicated that the visual-tactual memory is greatly effective for human's texture recognition and cloth image that made the drape shape was more effective. Then, multiple linear regression analysis is performed by the condition that corresponding rate between cloth image and material is objective variable, and skewness and kurtosis of image are explanatory variable. As a result, skewness strongly influenced the corresponding rate between cloth image and material in any case.

Keywords : Cloth image, Cloth Material, Visual and Tactual Memory, Engineering and Clothing, Drape

1. は じ め に

近年、多くの人々がインターネットを利用して被服などを購入する時代となってきた[1]。しかしながら、実際の商品イメージと画像から受ける印象が一致しないという問題が生じている。それらには、(1)被服の布地素材の質感表現、及びその特徴を考慮した撮影画像の品質等に関連する質感生成・記録技術、(2)画像表示のためのディスプレイ性能、及び照明による視環境などに関連する質感再現技術、(3)表示画像を観察することにより被験者が質感を認識するメカニズム等、非常に多くの要因が関係していると考えられる。

これまでに質感生成・記録技術に関しては、布地の素材表面の微視的幾何構造による反射特性等から得られる双方向反射分布関数(BRDF)、及びテクスチャマッピング等を利用したCGによる布地質感生成の研究[2,3]が行われてきた。また質感再現技術に関しては、輝度、ダイナミックレンジ、解像度等のディスプレイ性能に関する研究を基盤とし、一般家庭の観視距離や照明条件等の視環境実態調査、及び標準画像を用いた評価実験[4]が行われ、適性視聴条件[5]が提案されてきた。更に人間の質感認識メカニズムに関しては、布地素材の物理的特性の専用測定システム(KES: Kawabata Evaluation System)による計測と風合い評価に関する研究[6]、布地計測結果に基づく質感呈示システムの

開発[7]、布地の織り方や構造と「光沢感」との関係[8]、及び布地画像の処理手法と質感認識との関係[9]などの研究が進められてきた。しかしながら、上記の研究の多くは、被服画像の生成・記録、再現、認識における個々の技術の中で「質感」に関わる事項に注目した成果であり、人間が質感を認識する過程に注目して、直接的にアプローチした研究は少ない。人間が布地の質感を認識する過程には、知識や経験の違いや、触覚を伴った視覚的印象(或いは、視覚を伴った触覚的印象)のような融合性のある記憶が深く関連していると考えられる。すなわち、人間の質感認識メカニズムなどの解明を目指す上で、知識・経験に基づく視触覚記憶が及ぼす影響を検討していくことは重要であるといえる。そこで本研究では、布地画像の呈示による視覚と実物のブラインドによる触覚から双方を融合させて布地の質感を認識する際に、知識や経験に基づいて形成されている視触覚記憶が及ぼす影響を明らかにする。それと同時に、質感認識に影響する布地画像の特徴量について調査することを目的とする。これは先行研究として清水ら[10]が実施した布地の視覚イメージに対する触感評価実験に基づいており、本論文では、特に視触覚記憶が異なる被験者群に注目している。具体的には、まず被服の専門的教育を受けた学生とそれを受けずに工学的教育を受けた学生では、視触覚記憶に違いがあると仮定して、布地に対する知識や経験の調査を行う。次に、個々の被験者に対して、撮影した数種類の布地の画像刺激を呈示し、それに

対応する布地素材（実物）を触覚のみで選択させる実験（布地選択実験）を実施する。その後、得られた布地選択の正解率の分析などから、質感認識における視触覚記憶の影響と重要な画像特徴量を明らかにする。

2. 被験者及び布地に関するアンケート調査

被験者は、被服に関する専門教育を受け、多くの知識と経験を有する教育学部の家政教育コースの女子学生（被服系）14名と、上記のような教育を受けていない工学部の女子学生（工学系）14名の計28名とした。全被験者に対して布地選択実験を実施する前に、実験に使用する布地に関する知識や経験の程度を調査するアンケートを実施した。具体的には、布地の名前を呈示して、知識：「名を知っていた」、経験：「見たことがある」、「触ったことがある」、「身に着けたことがある」を調査した。その結果を図1に示す。なお、図1における回答数の最大値は154（布地11種×被験者14名）である。図1より、知識（知っていた）・経験（見た・触った・身に着けた）共に、被服系が工学系に比べて明らかに多いことがわかる。また知識と経験の各項目において、11種の各布地に対応する被服系と工学系の知識・経験の差をt検定した結果、いずれの場合においても有意差があった（ $p < 0.01$ ）。すなわち、被服系と工学系では知識と経験が明らかに違うため、異なる視触覚記憶を持つ被験者群であることが示された。

3. 布地選択実験

異なる視触覚記憶を持つ被験者群に対して、撮影した数種類の布地の画像刺激を呈示し、それに対応する布地素材を触覚のみで選択させる実験を実施する。

3.1 布地試験片と画像刺激

実験に用いた11種類の布地の素材、表面特徴および基本特性の表面粗さの変動：SMD（たて糸） $[\mu\text{m}]$ 、圧縮仕事量：

図1 被験者群の知識・経験のアンケート結果

WC $[\text{N} \cdot \text{m}/\text{m}^2]$ 、厚さ： T_0 $[\times 10^{-3}\text{m}]$ の測定値を表1に示す。なお後述するが、この3項目を記載した理由は、KES評価における布地の基本特性[6]：5試験16項目（引張（4項目）、曲げ（2項目）、せん断（3項目）、表面（3項目）、圧縮（4項目））のたて糸方向・よこ糸方向に対する計測結果において、布地選択実験の正解数と高い正相関を示したからである。布地試験片は、JISL1096 [11]における正量サイズ：約20cm×20cmにピンキング型ハサミでカットして作成した。なお各布地表面の隅（左上）には、布地番号を記述した約1cm角のプラスチックプレートを装着し、被験者が触覚のみで試験片表裏の区別が出来るように工夫した（図2）。

呈示刺激である布地画像は2種類とした。一つは直径約40cmの円形に切り取った各布地を、ドレープテスト [11] に準拠した直径12cm、高さ15.2cmの円柱パイプに被せて撮影した画像（パターンA）と、床面に平置きして撮影した画像（パターンB）である。またパターンBの画像は、後述する実験装置の画像呈示用ノート型PCの画面（VAIO：PCG-9S2N, 15.4型ワイドWXGA, 1280×800ドット）において、被験者が視距離：約60cmで観察した時に、実物と同サイズとなるようにトリミングした。パターンA及びBの画像例を図3(a), (b)に示す。なお、撮影はプロのカメラマンに依頼し、Nikon社製デジタルカメラD300を使用した。

表1 布地の素材、表面特徴、およびSMD, WC, T_0 の測定値

布地名	表面特徴	SMD (たて糸) $[\mu\text{m}]$	WC $[\text{N} \cdot \text{m}/\text{m}^2]$	T_0 $[\times 10^{-3}\text{m}]$
バックサテン シャンタン	表裏がシャンタンとサテンであるため、表はよこ糸方向に節が不規則に現れて凸凹感があるが、裏は光沢があり滑らか	4.17	0.17	0.65
オックス	たて糸・よこ糸を2本ずつ交錯した斜子（ななこ）組織の生地でしなやかで光沢性に富む	14.43	0.27	1.12
楊柳	強撚糸を使って表面にシボ（凸凹）を出した平織の生地、直線上のひだがある	3.97	0.32	0.61
チリメン ジャガード	紋（模様のある）織物で大きめのシボがある	9.89	0.29	0.73
サテン ストレッチ	ストレッチ性があり、朱子組織特有の光沢性と滑らかさをもつ	2.49	0.13	0.68
サテン オーガンジー	目の透いた手触りがこわい（シャリ感が強い）オーガンジーの特徴をもちつつ、組織が朱子のため普通オーガンジーより柔らかい	1.50	0.02	0.21
シルクサテン	シルクの光沢性と肌を滑り落ちるような滑らかさがある	1.83	0.04	0.23
シルクレース	光沢性のあるレース生地	13.66	0.46	1.55
ベルベット	パイル織物で、パイルをカットして表面を毛羽で覆った生地	5.33	0.20	1.74
ペロア	ベルベットと同じ外観をもつニット生地	7.53	0.35	0.87
印伝調	印伝調の凹凸感をプリント加工した生地	13.06	0.19	1.03

図2 布地試験片（実物）の例

(a) パターンA (b) パターンB

図3 呈示刺激である布地画像の例

パターンAでは被写体前の水平面照度を約354lxとして約60cmの距離から撮影し、パターンBでは被写体前の水平面照度を約232lxとして約80cmの距離から撮影した。撮影画像は常に質感をモニターで確認しながら行った。

3.2 実験装置、環境および手順

まず、被験者と実験者は実験装置を隔てて向い合わせで座ることとした。図4(a)に被験者が座って実験する装置正面の画像、図4(b)に実験者が座って実験を進める装置裏面の画像を示す。被験者は、実験装置上段のノート型PC上に表示される布地画像を視距離約60cmで観察しながら、中段にある2つの縦のスリットから両手を入れて、その奥の3つの箱（図4中の赤丸）の中央にある11種の試験片から布地画像に対応したもの（呈示画像と「同じ（正解）」と判断されるもの）を選択する。その後、被験者は「正解と判断した試験片」を左手の箱（実験者からは右手の箱）に移し、実験者に「判断終了」を伝える。被験者の右手の箱は試験片を判断する際に明らかに「不正解」と判断する試験片などを置いた

(a) 正面：被験者側 (b) 裏面：実験者側

図4 実験装置（各画像は椅子を外して撮影）

めのものである。一方、実験者は被験者が判断を終了し、「正解とした試験片」の番号を記録した後、再び中央の箱に11種の全試験片を戻す。この作業の実施中、ノート型PCの画面にはN5相当のグレーを表示し、試験片を中央の箱に戻し終わった後に次の実験刺激の布地画像を呈示する。画像の呈示時間は被験者が判断を終了するまで任意とし、刺激順序はランダムとした。なお、実験に使用する布地素材を直前に呈示するグループ（G）と呈示しないグループ（G）で被験者を別途分類した（異なる視触覚記憶を持つ被験者群[工学系・被服系]において7名ずつ、合計14名を1Gとした）。また被験者は、実験者からの実験説明を受けた後、本実験に入る前に、実験に使用しない布地のパターンA及びBの画像を見本として、練習を行った。

4. 布地選択実験の結果・分析および考察

異なる視触覚記憶を持つ被験者群（被服系・工学系）、および、呈示刺激画像のパターン（A：ドレープ形状、B：平置き）の違いにおける布地選択実験の正解数について検討する。図5及び図6に、異なる視触覚記憶を持つ被験者群の各布地における正解数（最大値28：呈示画像2種・被験者14名）、および呈示刺激画像のパターンが異なる場合の各布地における正解数（最大値28：被験者28名）の結果を示す。

図5及び図6より、異なる視触覚記憶を持つ被験者群における布地選択実験の正解数では工学系に比して被服系、呈示刺激画像パターンの違いにおける正解数ではパターンBに比してパターンAの方が多い傾向を示している。ここで本実験は、2要因混合計画（被験者間要因：視触覚記憶×被験者内要因：呈示刺激画像パターン）であるため、乱塊法、すなわち二元配置分散分析を実施した。その結果、被験者間要因（視触覚記憶）および被験者内要因（呈示刺激画像パターン）共に有意差が認められた（ $p < 0.01$ ）。すなわち、布地選択実験の正解数において、視触覚記憶の豊かさや呈示する刺激画像のパターンが大きく影響していることが示された。

図5 異なる視触覚記憶を持つ被験者群の各布地別の正解数

また次に、どのような特徴を持つ布地において正解数に違いが表れるのか、或いは表れないのかを検討するために、各布地における被験者群間の正解数の差および和を縦軸・横軸として図7に示す。縦軸の正解数の差が大きい布地は視触覚記憶の影響を強く受けること、小さい布地は視触覚記憶の影響をあまり受けないことを意味する。また、横軸の正解数の和が大きい布地は視触覚記憶の多少に因らずに質感判断が容易であること、小さい布地は質感判断が困難であることを意味する。なお、図中の破線は各軸における平均値を示している。

図7より、被験者群間の正解数において、比較的差が大きく（4～9）視触覚記憶の違いに強く影響を及ぼす布地グループ（9：楊柳（ヨウリュウ）、8：チリメンジャガード、8：ベルベット、6：サテンストレッチ、6：シルクサテン、5：ペロア、4：印伝調）と比較的差が小さく（0、1）視触覚記憶の違いにあまり影響を及ぼさないグループ（1：バックサテンシャンタン、1：オックス、0：サテンオーガンジー、0：シルクレース）に分かれるといえる。特に、正解数の差が大

図6 呈示刺激パターンの各布地別の正解数

図7 正解数の和および差による布地の特徴分布

きい楊柳（ヨウリュウ）、チリメンジャガード、ベルベット等の布地は、シボ（クレープ）や起毛といった“きめの細やかさ”、“柔らかさ”、“薄さ”等の比較的微細な変化に関する特徴があり、視触覚記憶の多少の違いによる質感判断（精度）に強く影響していると考えられる。一方、正解数の差が小さいバックサテンシャンタン、オックス、サテンオーガンジー、シルクレース等の布地は、“凹凸の高さ”、“硬さ（シャリ感）”、“際立つ程の滑らかさ”等の比較的明確な変化に関する特徴があり、視触覚記憶の多少の違いによる質感判断の精度ではなく、容易さや困難さに強く影響していると考えられる。

ここで、3.1にて前述したが、KES評価における布地の基本特性：5試験16項目について、たて糸方向・よこ糸方向の計測を行った。各計測値と布地選択実験の正解数（被服系、工学系、被服系と工学系の差、被服系と工学系の和）との相関をそれぞれ求めた結果、視触覚記憶の違いが関与すると考えられる正解数：被服系と工学系の差と、各計測値との高い正相関は得られなかった。一方、被服系、工学系、及びそれらの和の正解数との相関係数が、全て0.6以上の正相関を示した項目は、表面試験のSMD [たて糸] (0.71)、圧縮試験のWC (0.67)、T0 (0.64)であった。SMDは凹凸の有無、WCは圧縮のしやすさ、T0は厚さを意味し、上記で説明した質感判断の容易さ・困難さに影響する布地特徴と同様の傾向を示している。そこで、目的変数を正解数の和（被服系+工学系）、説明変数をSMD [たて糸]、WC、T0として重回帰分析を行った（図8）。図8の縦軸の推定正解数は、“[各説明変数の偏回帰係数×特性値]の線形和+定数項”から算出される。また図中のシンボルは各布地、直線は近似線を示す。図8より、高い重相関係数（0.77）が得られているため、人間が判断する質感の容易さや困難さ（正解数の和）は、物理量：SMD、WC、T0による評価と深く関連しているといえる。

また人間の視覚では、呈示画像の情報をどのように捉えて、触覚による質感判断に結び付けているのかを検討するために、各布地におけるパターン間の正解数の差および和を縦軸・横軸として図9に示す。縦軸の正解数の差が大きい布地は画像特徴量の違いが強く影響すること、小さい布地

図8 各布地における実際の正解数の和と推定正解数

図9 正解数の和および差による布地の特徴分布

は画像特徴量の違いがあまり影響しないことを意味する。また横軸の正解数の和は図7の場合と同様に、基本的には質感判断の容易・困難を意味すると考えられるが、視触覚記憶の違いの影響を含んでいるので、それらを考慮した解釈が必要である。

図9より、パターン間の正解数において比較的差が大きく(5~16)撮影画像の特徴量の影響を受ける布地グループ(16:ベルベット, 9:ペロア, 8:サテンオーガンジー, 6:サテンストレッチ, 6:シルクサテン, 5:バックサテンシャンタン)と、比較的差が小さく(-2~2)撮影画像の特徴量の影響をあまり受けないグループ(-2:チリメンジャガード, -1:オックス, 0:印伝調, 1:楊柳(ヨウリュウ), 2:シルクレース)に分かれるといえる。また、全体的な傾向として、パターン間の正解数の差が大きい布地は、正解数の和が比較的小さく、パターン間の正解数の差が小さい布地は、正解数の和が比較的大きいといえる。すなわち、触覚による質感判断が困難な布地では、視覚に対して呈示される画像特徴量が強く影響する傾向を示し、質感判断が容易な布地では、視覚に対して呈示される画像特徴量はあまり影響しない傾向を示す。ただし、ベルベット、ペロア、チリメンジャガードにおいては、若干異なる傾向となった。まずベルベットやペロアは、図9よりパターンB(平置き)に比して、パターンA(ドレープ状)の方が、パイル組織であることから素材表面の特徴の出やすい布地であるために正解数の差(縦軸)が大きい傾向を示したと考えられる。その一方で、質感判断は平均的であるという傾向を示した。これは、図5の視触覚記憶の違いによる正解数から、ベルベット:被服系(19)・工学系(11)、ペロア:被服系(18)・工学系(13)であるように、被服系・工学系共に、各平均値(被服系:16.8, 工学系:12.5)と同程度の正解数を示しているために、結果的に正解数の和は平均値近辺となったと考えられる。また、チリメンジャガードは、図9より、平置きでは素材表面の文様が特徴として出やすく、逆にドレープ状ではその文様が表れ

にくい布地であるために正解数の差が小さい傾向を示したと考えられる。その一方で、質感判断は困難という傾向を示した。これは、図5の視触覚記憶の違いによる正解数から、被服系(10)・工学系(2)であるように、工学系の正解数が極端に小さく、被服系のそれも平均値より小さいために、結果的に正解数の和は小さくなったと考えられる。また、KES評価における布地の基本特性の計測値と布地選択実験の正解数(パターンA, パターンB, パターン間の差, パターン間の和)との相関をそれぞれ求めた結果、画像特徴量が影響すると考えられる正解数:パターンAとBの差と、各計測値との高い正相関は得られなかった。また各パターン及びそれらの和の正解数においても同様の傾向であった。

次に、直前布地呈示の有無の違いが、布地選択実験の正解数にどのように影響されるかを検討する。図10に布地試験片の直前提示の有無における各布地の正解数(最大値28:被験者28名)の結果を示す。図10より布地試験片の直前提示の有無による正解数は、ほとんど差がない傾向にある。被験者群間やパターン間の場合と同様に、各布地に対する直前布地呈示の有無の正解数の差をt検定した結果、有意差はなかった。したがって、実験直前の布地呈示では、質感認識にはあまり影響を及ぼさないことが示された。

以上より、人間が布地の画像および触感から布地素材の質感を認識する場合には、実験直前の布地観察などにより形成される短期的記憶による影響は少なく、経験に基づいて長期的に形成されてきている視触覚記憶が支配的、かつ強く影響を及ぼすことが明らかになった。また呈示刺激画像パターンにおいては、ドレープ形状のような布地素材を推定しやすい方が、質感認識に影響を及ぼしやすいことが明らかになった。ただし、布地の特徴によっては逆に平置きの方が質感認識に良い結果を生じる場合があることも示された。このことは同時に、図9においても布地選択実験の正解数の差から検討したように、呈示される画像特徴量が質感認識に影響を及ぼしていることを示唆している。心理実験等

図10 布地試験片の直前提示有無の布地別の正解数

から質感認識には画像の歪度（skewness）が影響しているという本吉ら [12] の報告もあるので、次の5では、パターンAおよびBにおける画像特徴量（歪度および尖度）と布地選択実験における正解率との関係を分析により検討する。

5. 布地画像の特徴量と布地選択の正解率との関係

呈示刺激画像のどのような特徴量が質感認識に影響を及ぼしているのかを求めるため、呈示刺激画像のパターン別に画像特徴量、ここでは歪度（式（1））と尖度（式（2））を算出し、布地選択実験の正解率との関係を求めた。更に、視触覚記憶が異なる被服系と工学系の各正解率についても同様に、呈示刺激画像の歪度・尖度との関係を求めた。ここで、 x_i はデータ、 N はデータ数、 $\bar{x}$ は平均値、 SD は標準偏差を示す。

$$Skew = \frac{1}{N} \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^3}{SD^3} \tag{1}$$

$$Kurt = \frac{1}{N} \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^4}{SD^4} \tag{2}$$

具体的には、呈示刺激画像から布地領域部分を抽出し、その領域内の各画素のRGBの平均値から歪度・尖度を算出する。その後、目的変数を布地選択実験の正解率、説明変数を歪度と尖度として重回帰分析を行い、それぞれの関係を求める。パターンA、B、および視触覚記憶別の偏回帰係数を表2に、重相関係数を表3に示す。また、パターンAおよびBにおける実際の正解率と推定正解率との関係を図11および図12に示す。ここで推定正解率は、歪度の偏回帰係数×歪度+尖度の偏回帰係数×尖度+定数項から算出される。なお、図中の“R”は重相関係数を示す。

表2より、偏回帰係数はパターンA・Bのような呈示刺激画像の違い、および被服系・工学系のような視触覚記憶の違い、いずれの場合においても、画像情報の歪度の方が尖度に比べて明らかに大きいことがわかる。すなわち、質感認識に

表2 偏回帰係数

	刺激画像パターン			
	A		B	
視触覚記憶	工学系	被服系	工学系	被服系
	11.580		1.528	
歪度	14.042	9.110	2.973	0.084
尖度	-0.244		-0.029	
	-0.790	0.303	-0.050	-0.008

表3 重相関係数

	刺激画像パターン			
	A		B	
視触覚記憶	工学系	被服系	工学系	被服系
	0.60		0.21	
重相関係数	0.43	0.72	0.23	0.18

図11 パターンAにおける各布地の正解率と推定正解率

図12 パターンBにおける各布地の正解率と推定正解率

関する布地選択実験の正解率には、呈示した刺激画像情報の歪度が支配的に影響し、尖度は調整程度の寄与であることが明らかになった。このことは、対象とする素材は異なるものの、質感認識に関わる情報量としては歪度（skewness）が重要であるという本吉ら [12] の報告と一致している。また表3より、重相関係数ではパターンAはBに比して大きいことが分かる。すなわち、人間は、多くの場合にドレープ形状のような輝度値の偏った変化を手掛かりとして質感認識の判断を行っているために、布地選択実験の正解率との相関が高いと推定される。このことは、清水ら [10] の実験において、ドレープ形状の方が高い認識を示したという報告と一致している。更に、パターンAにおける被服系の場合の重相関係数が0.72と比較的高い値を示している。このことは質感認識において、特に視触覚記憶が多い場合には、視覚に対して呈示される画像特徴量（歪度）が効果的に関与し、触覚による布地接触との融合により、より正確な質感認識に作用すると推測される。また、図11および図12より、各布地の正解率と推定正解率との相関はパターンAでは高く、パターンBでは低いことが示されている。これは、人間の布地質感認識において、呈示刺激画像がドレープ形状のような場合には歪度情報が手掛かりとなっており、逆に呈示刺激画像が平

置きのような場合には歪度および尖度情報は手掛かりになり難しく、他の要因により質感を判断している可能性があると考えられる。

6. お わ り に

本研究では、被服などの布地素材の質感認識において、知識や経験に基づいて形成される視触覚記憶が及ぼす影響を明らかにするために、まず視触覚記憶が異なる被験者群に布地画像を呈示し、それに一致する布地素材を触覚から選択させる実験を行った。その結果、人間の質感の認識においては、視触覚記憶が大きく関与し、布地の呈示刺激画像はドレープ形状にした撮影から作成したパターンの方がより効果的であることが明らかになった。更に、質感認識において、視触覚記憶の影響を含む質感判断の容易さ・困難さ（触覚）と呈示刺激パターンの違いによる画像特徴量（視覚）は、双方が補完的働きを担っていることが示唆された。また質感判断の容易さ・困難さは、布地の基本特性である表面のSMD、圧縮のWCおよびT0によって定量的に評価できる可能性があることが示唆された。次に、布地の質感判断に関連する画像特徴量を明らかにするために、布地選択の正解率と布地画像の歪度、尖度との関係を刺激画像呈示パターンの違い（ドレープ形状、平置き）や視触覚記憶の違い等に注目して分析した。その結果、いずれの場合においても、布地選択の正解率に対して歪度が強く影響し、尖度は調整程度のわずかな影響であることが明らかになった。更に、視触覚記憶が多い場合には、ドレープ形状の方が平置きに比して相関が大きいことが示された。

以上の研究成果から、実際の商品イメージと画像から受ける印象の不一致の問題に対する解決方法として、布地をドレープ形状にして撮影した画像を呈示する方法が考えられる。更に布地素材と照明、カメラ性能及びディスプレイ性能等との関係と撮影画像の歪度情報への影響を明らかにした上で、その結果に基づいて画像の歪度情報を改善する方法により、布地素材本来の質感を推定・呈示し得るシステムの開発が可能ではないかと考えられる。また触覚の感覚形容詞は他感覚に転用できる可能性が高いことから [13]、将来的には多感覚に共通する共感覚の辞書等を触覚の感覚形容詞を中心に作成し、布地画像と共に情報提供する方法でイメージ一致の補助が可能であると考えられる。更に、受け手側において質感判断が困難な“柔らかさ”や“きめの細かさ”などを特徴とする布地の視触覚トレーニングを行う教育的方法により、観察者が正確なイメージ推定を可能とするのではないかと考えられる。

今後は、より専門性の高い被験者群による実験を実施して、視触覚記憶の違いに注目したデータ分析を進めると共に、モデル化にも挑戦したいと考えている。また今回は、知識や経験のアンケート調査結果から視触覚記憶の違いを判断したが、各被験者の特徴と布地選択実験の正解率との関係等を更に詳細に分析して、上で指摘した視触覚トレーニングを

意図した被服教育や消費者教育への応用も検討したいと考えている。

謝 辞

本論文に関する実験・研究は、宇都宮大学の公募型重点推進研究「多様な再現環境に対応したデジタルコンテンツ評価指標の確立」、および、科学研究費補助金・基盤研究（C）[課題番号：22500184]の支援により行った。また、布地のKES評価および基本特性の計測において、多大なご協力を頂いた栃木県産業技術センター繊維技術支援センターの方々に深く感謝申し上げます。

参 考 文 献

- [1] 平成20年版情報通信白書（総務省），
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h20/index.html>
- [2] 武田祐樹，豊田伸作，松田悠，田中弘美，“多視点画像の反射光解析に基づく布の異方性反射モデリング”，情報処理学会技術報告，2003-CVIM-140，pp.41-48，2003.
- [3] 関根真弘，三原功雄，山内康晋，“触りたくなる質感を再現する高次元テクスチャ技術”，東芝レビュー，Vol.62，No.12，2007.
- [4] 藤根俊之，吉田育弘，杉野道幸，“画面の好ましい輝度とテレビ画面サイズの関係”，電子情報通信学会論文誌D，Vol. J91-A，No. 6，pp.630-638，2008.
- [5] 窪田悟，岸本和之，合志清一，山根康邦，五十嵐陽一，芳賀秀一，松本達彦，中枝武弘，“消費電力の低減と視覚疲労の軽減のためのハイビジョン液晶テレビの適正視聴条件”，FPDの人間工学シンポジウム資料，2010.
- [6] 井上真理，“テキスタイル（繊維製品）の触感一官能評価と客観評価—”，新技術セミナー資料，2008.
- [7] 小川博教，下条誠，“材質感呈示システムに関する研究—触覚による布地材質感の呈示—”，電子情報通信学会論文誌D，Vol. J89-D，No.2，pp.353-361，2006.
- [8] 那須絢太郎，金井博幸，石澤広明，西松豊典，柴田清弘，“織物の「光沢感」計測・評価に関する研究”，第60回日本繊維機械学会年次大会資料，pp.182-183，2007.
- [9] C. Muraki Asano, T. Fujimoto, A. Asano, M. Murakami, S. K. Tandon, S. McNeil, C. Piper, M. Morita, and M. Mori, “Evaluation of Kansei of Clothing Materials: Part II - Texture and Visual Impressions Using Novel Technique -”, Proc. International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research 2007 (KEER2007), F-6 (2007.10).
- [10] 清水裕子，佐々木和也，“視覚イメージによる触感の評価”，平成15年度～平成16年度科学研究費補助金（基盤研究（C））研究成果報告書，2005.
- [11] JIS L 1096，8章，1999.

- [12] Isamu Motoyoshi, Shinya Nishida, Lavanya Sharan, Edward H. Adelson, "Image statistics and the perception of surface qualities", Nature, doi:10.1038, 05724, Vol.447, pp.206-209, 2007.
- [13] 楠見孝, "比喩の処理過程と意味構造", 風間書房, pp.125-151, 1995.

石川 智治 (正会員)

1997年, 北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 博士前期課程了。2001年, 同大学 情報科学研究科 博士後期課程了。同年, 日本学術振興会 未来開拓学術研究推進事業 RA, 北陸先端大 情報 助手を経て, 2008年より, 宇都宮大学大学院 工学研究科 助教。人間の認知・感性を考慮した「場」の実現に関する研究に従事。博士(情報科学)。

佐藤 昂 (非会員)

2011年, 宇都宮大学工学部情報工学科卒業。現在, 宇都宮大学工学研究科情報システム学専攻 博士前期課程。カラーおよび黒布地の画像と実物の質感認識に関する研究に従事。学士(工学)。

松本 好史 (非会員)

2011年, 宇都宮大学工学部情報工学科卒業。布地の質感認識および画像処理に関する研究に従事。学士(工学)。

佐々木 和也 (正会員)

1992年, 信州大学大学院繊維学研究科修士課程修了後, 東京都立繊維工業試験場(現東京都立産業技術センター)にて, 縫製・編織技術分野の研究に従事。博士(工学)。1997年宇都宮大学に赴任。以降, 衣生活を中心に生活環境学に関する研究教育に取り組んでいる。現在は, 生物多様性をキーワードに, 生活文化の再考による環境教育について, 実践的研究を重視しながら教材開発を行い, 感性教育に関する研究に従事している。2003年~2004年日本感性工学会監事。2006年~2007年日本感性工学会理事。

清水 裕子 (正会員)

1972年 お茶の水女子大学大学院修士課程家政学研究科修了。現在, 宇都宮大学教育学部教授。学術博士。この間, 被服科学, 感性教育等に関する研究に従事。2000年~2006年日本感性工学会理事, 2006年~日本感性工学会監事。1985年~日本家政学会被服材料部会幹事。

阿山 みよし (正会員)

1983年 東工大・総合理工・物理情報工学専攻修了。ヨーク大学, 東工大、東京都神経研を経て, 1993年 宇都宮大学工学部助教授。2001年より同学部教授。現在は大学院工学研究科学際研究部門教授およびオブティクス教育研究センター副センター長。工博。視覚・色彩科学の研究と教育に従事。