

画像特徴を用いたカーファブリック模様の印象解析

Impression Analysis of Car-Fabric Design Using Image Processing

森脇 耕介* 中谷 幸太郎* 亀井 義弘**
Kousuke Moriwaki Kotaro Nakatani Yoshihiro Kamei

(2001年7月12日 受理)

The design is one of the most important factors for customers on choosing favorite goods in various ones. In order to improve the efficiency of creating commercial designs, we propose a system that evaluates the work and indicates the result to designer immediately. For that purpose, it is necessary to find the correlation between the human's impression for a design and the numerical features extracted from the design.

In this paper, we describe a primitive study using geometric designs woven into car-fabrics. Image data, prepared by digitizing the car-fabrics with image scanner, were segmented by image processing into local regions on texture and color. For each result, number of regions and standard deviation of their area were extracted as the numerical features. Six sample designs were graded according to human's impression of order, and were also measured the numerical features individually. As the result of multiple regression analysis on the grade and numerical features, a correlation was derived between them.

キーワード：デザイン，印象，感性，自動車内装用布製品，画像処理，画像特徴量，幾何学模様

1. まえがき

製品のデザインは消費者の購買意欲を左右する要素であり、デザイナーやメーカーにとって製作し決定する作業は重要な過程である。一般には、デザインはデザイナーの感性から創造され、数値的な取扱いの対象とはなりにくい。しかし、製品の売りに上げに直結する要素である。作品に対する評価が、作品のどの要素と関連するかを、客観的な評価尺度で分析できれば、デザイナーには将来の創作活動に、またメーカーには商品開発の効率化に、それぞれ役立つ。

本研究では、デザインとしてカーファブリック（自動車内装用の布製品）の比較的単純な幾何学模様に着目した。模様への人間による感覚的評価と、画像処理手法によって抽出した数値的特徴との対応関係をもと

に、評価予測モデルの確立を試みた。試料は、共著者が製作したカーファブリックの模様である。画像処理により、各模様を色彩を伴う部分領域ごとへ分離し、各領域の形状および色彩を客観的な数値的特徴とした。そして、人間による評価と数値的特徴の対応関係を調べた。

2章では、感性情報処理の研究の現状と本研究の位置付けを述べる。3章では、提案手法の説明を述べる。4章で、模様データの画像データ化と、補正手法、客観的な評価分析手法の初歩的な実験結果^{5)~7)}をそれぞれ述べる。

2. 感性評価の現状と位置付け

(1) 現状

感性情報を工学的に扱うときの課題は、数値で表現できない人間の主観的かつ感覚的な表現（状態、程度、感情などに関する形容詞・イメージ語）と、物理的

* システム技術部 光応用計測グループ

** コージィデザイン

(特にコンピュータ上で) かつ客観的な数値情報との対応付けの問題に帰着される。包括的な解析手法は未だ確立されておらず、応用事例ごとに適用範囲を限定した上での成果が報告されているのが現状である。

これまでに報告されている研究は、目的により大きく次の2種類に分類できると考える。(1)主に絵画や景観などの画像データベースにおけるキーワード不要の検索を目的として、感覚的表現から物理量への一方向性の対応モデルの構築と適用が主な機能となるもの。例えば、検索条件を「美しい」「明るい」といった数字ではなく言葉によって指示しても、コンピュータが上記対応モデルによって数値的特徴へ変換し、画像データベース中から指示を満たす画像を検索してくれるといった機能である^{1), 2)}。(2)主にデザインの初心者に対する創作支援を目的として、感覚的表現と物理量との双方向の対応モデルの構築と適用が主な機能になるもの。コンピュータは人間による(1)のような言葉の指示を、数値的に変換してデザインを生成して提案するだけでなく、デザインへの評価を人間の感覚に近い形で提示することができる。人間は、デザインに修正を加え評価を確認するという反復作業により、初心者であってもポスター³⁾ やハンカチ⁴⁾ について、意図するデザインを得ることができる。ただし単純な構図に限られ、商業的に利用できるレベルではない。

(2) 位置付け

本研究は、前節の分類では、(2)の範ちゅうに含まれると考える。しかし、創作支援の対象として、初心者ではなく職業デザイナーを想定している点が異なる。ここで職業デザイナーとは、モチーフの選定や作品の仕上げまでを独力で遂行可能なデザイナーを指すものとする。

職業デザイナーには、自分の作品に対する評価が、メーカに採用されたか否か、あるいは一般消費者に売れたか否か、といった単純な評価や分類結果の形でもたらされる。不特定多数の人間に多様な感覚や印象を与えたとしても、知りうるのはそれを集約した最終結果のみである。さらに、職業デザイナーには感覚的なオリジナリティが求められ、コンピュータからの基本構図の提案などは必要としない。過去の作品との相違や類似を指摘したり、むしろ製作中の作品への評価予想、評価者ごとの固有の傾向の分析などを適時デザイナーへフィードバックし、創作作業を効率的にナビゲートしてくれるようなシステムを求めている。

そこで筆者らは、職業デザイナーによる商品としての作品と、それに対して下された人間の評価との関係を、感覚的表現を介することなく、客観的に分析する

ことを目標とした。

感覚的表現と物理量との対応付けでは、一般に多人数へのアンケート作業を必要とする。本研究ではこの作業を用いず、模様に対する人間の評価と模様から客観的に抽出できる数値的特徴とを、直接に関連付けようとするものである。

3. 評価解析の方針

図1に、本研究における感性評価予測モデルの構築および適用についての概念図を示す。各試料について、人間の主観的な評価と画像処理による客観的な物理量とを求め、両者を関連付けるモデルを構築する。デザイナーは、創作過程で随時このモデルを用いて評価値を予測する。満足できる予測評価値が得られるまでこれを反復する。

模様には、あらかじめ評価が付されていることが前提である。前章で述べたように、例えば、メーカでの採用/不採用、あるいは、ある人物が任意の基準で行った好き/嫌いなどの分類結果などである。それぞれの模様に潜在する感覚的評価に対応する物理量を、色彩や領域の配置状況であるとして、それを数値的特徴量として抽出するために画像処理技法を用いることにした。

図2に、数値的特徴量の基本的考え方の模式図を示す。模様として同図(a)を考えると、これは同図(b)のように、様々な形状と色彩を持つ小領域の集合と考えることができる。さらに各小領域は、同図(c)の楕円形のように単純化することができる。各楕円形領域について、形状と色彩の特徴を計測する。形状については、幾何学的形状特徴⁹⁾ を求めることができる。色彩につ

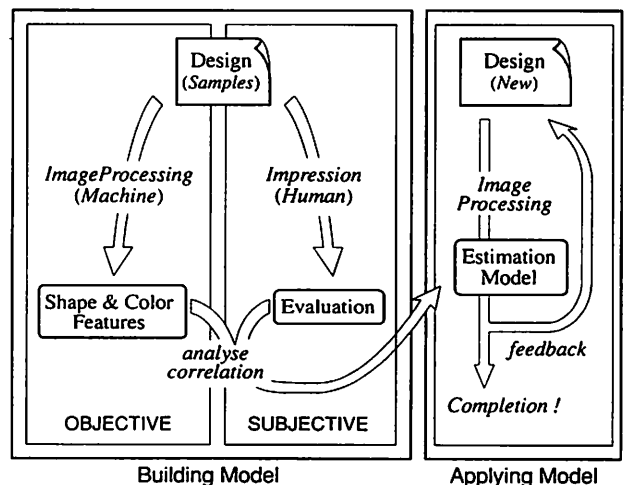


図1 感性評価予測モデルの構築と適用
Fig1. Building and applying human's impression analysis.

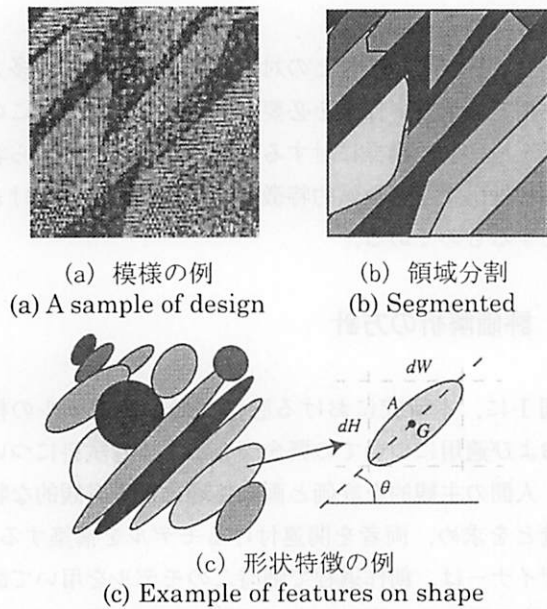


図2 幾何学模様の特徴記述
Fig.2 Some features on Geometric design.

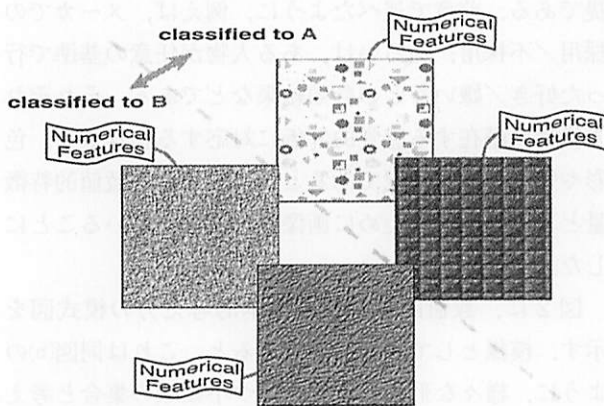


図3 特徴量と評価による分類
Fig.3 Correlation between human's evaluation and objective features for various designs.

いては、領域内のRGB値—あるいはそれより変換可能な、例えばHSV, $L^*u^*v^*$, $L^*a^*b^*$ などの、他の色彩表現値—の平均値を考慮することができる。得られた複数の特徴量を、模様固有の特徴ベクトルとする。

評価や分類結果があらかじめ付された試料それぞれの特徴量ベクトルを算出した後、あるいくつかの特徴量によって張られる空間を考える。図3に示すように、複数の試料の特徴ベクトルが、それぞれの評価ごとに、識別できるようなクラスを形成するような、特徴空間を構成できるかを調べる。このとき空間を張る特徴量は、試料の分類する際の基準に影響を及ぼす要因とみなすことができる。例えば、前述の、採用/不採用という評価が付された試料群についてであれば、分類の基準に影響するであろう要因を、具体的な特徴量と

して導き出すことができる。

デザイナーは、その後の創作にあたっては、良い評価につながるその要因を意識することにより、あるいは、提案手法により、創作過程で随時「計測」し、要因に対する値を向上させることによって、創作活動を、より効率的なものにできると考える。

本研究では、2次元の平面の試料を人間が肉眼で見た印象によって下した評価との対応付けを考えている。カーファブリックは、最終的には自動車のシートなどの立体物に加工され、計器類などの内装の他の構成物との調和という観点から評価されるが、3次元的な構造への展開については、現時点では範囲外とする。

4. 実験⁵⁾⁻⁷⁾

(1) 模様の画像データ化

試料の模様をイメージスキャナ (SHARP(株)製, JX-330M) を用いて、デジタル画像化した。スキャン時の解像度は、100dpi(dot/inch)とした。この値は、視力1.0の観測者が、1mの距離をおいての識別限界⁸⁾と見なせる85dpiに近い値として設定した。以下、画像のデータ化と計測のための画像処理について述べる。

(2) 色彩情報の補正

色彩を特徴量のひとつとして利用するには、イメージスキャナの色彩に関する感度特性を入力時に把握し補正する必要がある。スキャナの露光時間を変更する機能を制御して、既知の色彩に対する計測値を調べ、真の値との対応を求める。

また、入力する模様によって、平均的な明度やコントラストが異なることも考慮する必要がある。全体的に暗い模様と明るい模様とを、同じ光量で計測すると、前者では模様のディテールが暗ノイズに埋もれてしまい、また後者ではセンサの最大値を越え、計測値が無意味になる。試料ごとに露光条件を変更することにより、画像データのダイナミックレンジを有効に利用した、信頼度の高い画像データの入力を行うことができる。以上から、次のような方法で画像入力と校正を行った。

まず、画像データのダイナミックレンジの有効利用に関しては、文献11)を参考に、「計測値に飽和を生じない限りの最大の明度で入力」した。図4に、2つの模様—全体に明るいものと、暗いもの—に対する輝度値の分布状態(輝度、あるいはRGBいずれかのチャンネルと考えてよい)の模式図を示す。両方の模様を、同じ露光時間 e で入力すると、明るい模様では、センサや信号伝送回路の電氣的飽和が発生し、また、暗い模

様については、センサの加法性雑音や量子化誤差により S/N が悪化し、いずれもデータの信頼度が低下する。しかし、それぞれについて、適正な露光時間 e_1 , e_2 を設定することにより、入力値のダイナミックレンジを有効に利用した画像データを得ることができる。その情報を入力した画像データに付加しておき、特徴量抽出などの画像処理時に適宜使用する。

スキャナの入力特性の補正テーブル作成手順を述べる。補正の基本的な考え方は、色彩、すなわち分光反射率が既知である試料に対して、理想的計測値と実際の計測値が整合するような変換を求めることである。

各色票の、分光光度計による真の色彩計測値を $c_{i,e}^T$, スキャナの計測値を $c_{i,e}^S$ とする。ここで、 i は R, G, B の各チャンネル、 e は露光時間を、それぞれ表すものとする。

$$c_{i,e}^T = K \cdot f_{i,e}(c_{i,e}^S) \quad (1)$$

のように、任意のスケール定数 K を用いて、 e ごとに

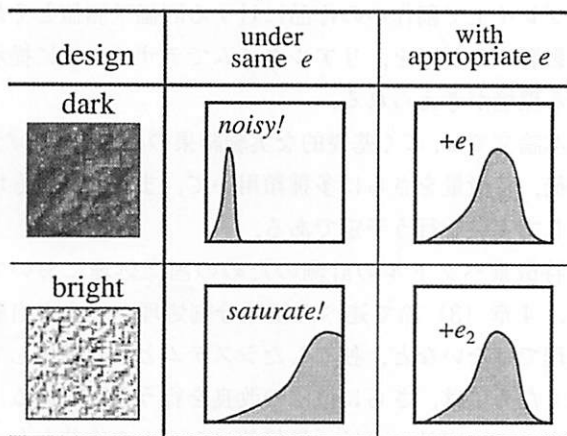


図4 適正な露光による画像入力
Fig.4 Digitizing designs under appropriate exposure condition.

対応関係 $f_{i,e}$ があり、その逆関数 $f_{i,e}^{-1}$ を求めることで、補正が可能になる。

そこで、標準色色見本(色票)の、無彩色の6種を、既知の色彩見本とした。分光光度計(大塚電子(株)製、MCPD-100)を用いて、各色票の絶対的な色彩である RGB 刺激値を求めた。さらに i, e ごとに $f_{i,e}^{-1}$ を求め、[スキャナ計測値] \rightarrow [真の色彩計測値] の対応表(Look-Up-Table, LUT)を作成した。LUTは、計測のつど作成する必要はなく、スキャナで入力した模様画像データに対して、露光時間とチャンネルに対応したLUTを、画素値に適用し変換すればよい。図5に、スキャナ入力特性の校正概念図を示す。ここでは、色彩の補正操作の考え方と作業手順のみを述べるにとどめ、補正の実際の効果については省略する。

(3) 特徴量の計測

3章で述べたように、模様は、さまざまな形状を持つ色彩領域の集合とみなせる。ここでは、各領域の色彩や形状の特徴量の計測について述べる。

4章(1)節で作成した各模様の画像データを、図2(b)のような色彩領域に分割する。分割にあたってはテクスチャを考慮する必要がある。試料の中には比較的粗い糸目が用いられたものもあるが、糸の一本ごとに、独立した色領域と見なすことは無意味である。人間の視覚では、微細な色彩の複合状態は、見かけ上混色されるので、同一領域とみなす結果が得られることが望ましい。本研究では、この点を考慮したカラー画像の領域分割手法として、Maらが提案したテクスチャ領域分割手法¹²⁾を用いた。手法の説明は、ここでは省略する。図6に、用いた試料6点の模様と、それぞれの領域分割処理の結果を示す。直観的に良好な分割結果が得られた。

(4) 重回帰分析結果

試料の模様に対する人間の感覚的表現と画像特徴量との関係のモデル化のために、以下のような基礎的実験を行った。ここでは感覚的表現として「秩序感」を設定した。

図6の領域分割結果におけるそれぞれの分割領域数 x_1 , 個々の分割領域の面積の標準偏差(SD) x_2 を説明変数とし、目的変数を、被験者(1人)が布の模様を目視したときに、領域の配置状態から直感的に感じられる秩序の程度を10段階に数量化した値 y とした。重回帰による y の予測値 \hat{y} は次のように求められた。

$$\hat{y} = 0.01467x_1 - 0.00418x_2 + 6.42923 \quad (2)$$

表1に、これらの各値を示す。予測値 \hat{y} が実際の「秩序感」の値 y に近いことは、回帰結果が良好であ

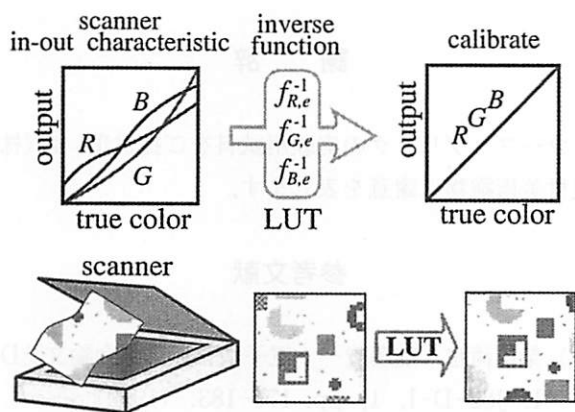


図5 スキャナ入力特性の校正概念図
Fig.5 Carribration of image-scanner's color measuring characteristic.

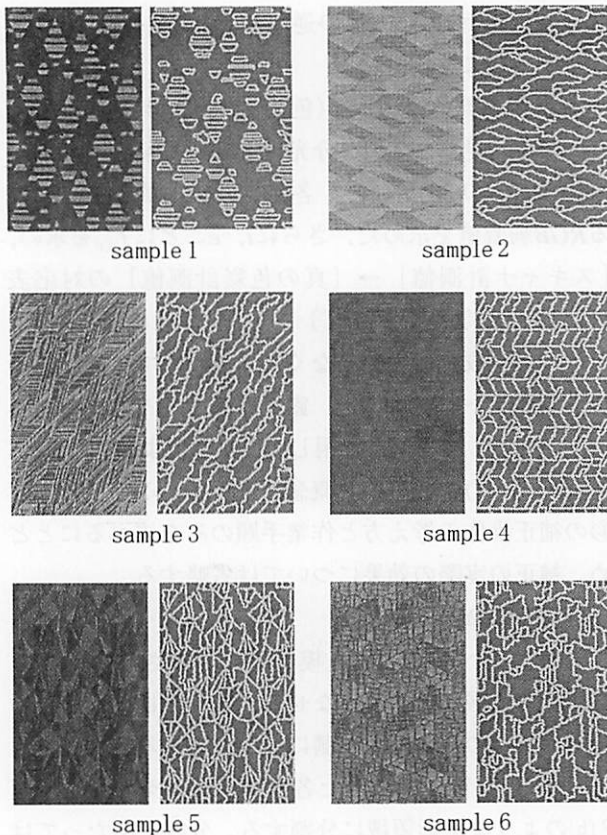


図6 試料の模様(左)と領域分割結果(右)
Fig.6 Original designs and their segmented results.

表1 秩序性の重回帰分析結果

Table1 Result of analysis with multiple-regression.

Sample	Number of Regions x_1	SD of Regions' Area x_2	Impression of Order y	Expected \hat{y}
1	152	66.0	8	8.4
2	121	728.9	6	5.2
3	145	740.4	5	5.5
4	254	201.4	10	9.3
5	287	321.7	9	9.2
6	192	659.5	6	6.5

ることを示している。また、 x_1 , x_2 , y の標準化値を x'_1 , x'_2 , y' とすると、 y' の予測値 \hat{y}' の重回帰式は次のようになる。

$$\hat{y}' = 0.41669x'_1 - 0.59775x'_2 \quad (3)$$

この回帰係数の絶対値は十分大きく、またその符号から、 x_1 , x_2 と「秩序感」とは、「領域数が多く、またそれら領域の面積のばらつきが少ない程、秩序感が増す」という関係にあることがわかる。これはすなわち、人間の印象によって、「秩序感」という感覚的な基準によって分類した結果と、画像処理によって抽出した特徴量との間に、重回帰分析の手法を用いて、直

観的にも納得できる関係付けを得ることができた。

5. 結 言

本論文では、デザインの創造活動の効率化に寄与することを目的として、カーファブリックの幾何学模様を対象に、人間の印象による感覚的な評価と、画像処理によって抽出した特徴量という客観的な物理量とを対応付ける試みについて述べた。

初歩的な実験として、6種の模様に対して、人間が「秩序感」という感覚的な基準によって分類した結果と、画像処理によって抽出した領域数および領域面積の標準偏差との対応関係に対して、重回帰分析を行った。その結果、それらの相関関係が見い出され、客観的な評価分析手法の一具体例として示すことができた。

提案手法を、将来的には職業デザイナーの創作支援システムとしてコンピュータ上に構築することを目指している。例えば、CADシステムと結合させ、ディスプレイ上で創作中の作品に対する評価予測値とそれに影響する要因を、リアルタイムでデザイナーに提示する環境が考えられる。

本論文では、ごく基礎的な実験結果のみを提示した。今後、特徴量をさらに多種類用いて、また試料数も増やして実験を行う予定である。

特徴量ベクトルの計測のための画像処理においては、4章(3)節で述べた領域分割処理が完全な自動処理ではないなど、独立したシステムとして構築していくためには、さらに技法の改良を行う必要がある。

カーファブリックは、最終的にシートや内装として3次元的に表現され、模様の見え方は変化する。デザインは必然的に見え方の変化を伴うものであり、そのような状況を考慮してゆくことも、将来取り組むべき重要な課題である。

謝 辞

カーファブリックの実験用試料をご提供頂いた(株)龍村美術織物に謝意を表します。

参考文献

- 1) 柴田滝也, 加藤俊一: 電子情報通信学会論文誌D-I, J82-D-I, 1, pp. 174-183, (1999)
- 2) 小松由香, 亀井且有: 電気学会論文誌 C, 117, 7, pp. 934-939, (1997)
- 3) 宮崎隆之, 萩原将文: 情報処理学会論文誌, 38,

- 10, pp. 1928-1936, (1997)
- 4) 市野順子, 田野俊一: 電子情報通信学会論文誌D-II, J82-D-II, 10, pp. 1693-1709, (1999)
 - 5) 中谷幸太郎, 森脇耕介, 亀井義弘: 1998年電子情報通信学会情報・システムソサイエティ大会, D-12-37, (1998)
 - 6) 森脇耕介, 中谷幸太郎, 亀井義弘: 2000年電子情報通信学会総合大会, A-15-16, (2000)
 - 7) 中谷幸太郎, 森脇耕介, 亀井義弘: 2001年電子情報通信学会総合大会, A-15-22, (2001)
 - 8) <http://www.vc.hoya.co.jp/faq/1/1-1-2.htm>
 - 9) 鳥脇純一郎, 画像処理ハンドブック, 画像処理ハンドブック編集委員会 (編), pp. 324-325, 昭晃堂, (1987)
 - 10) 森脇耕介, 末国健一: 電子情報通信学会論文誌D-II, J74-D-II, 9, pp. 1321-1323, (1991)
 - 11) 森脇耕介: 電子情報通信学会論文誌D-II, J76-D-II, 9, pp. 1894-1901, (1993)
 - 12) W. Y. Ma etc: Proc. IEEE Int. Conf. on CVPR, pp. 744-49, (1997)