

令和 4 年 6 月 23 日現在

機関番号：27301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K11512

研究課題名（和文）ビッグデータを活用したテクスチャの感性的質感評価モデルの構築

研究課題名（英文）Impression estimation model for textures using Big Data

研究代表者

飛谷 謙介 (Tobitani, Kensuke)

長崎県立大学・情報システム学部・准教授

研究者番号：50597333

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、テクスチャを対象とし、所望の視覚に関する感性的質感を有する画像生成手法を提案した。はじめに、(1) 主観評価実験を行い、感性的質感の定量化を行った。次に、(2) 事前学習済みの VGG19 を用いてスタイル特徴を抽出した。その後、(3) 定量化された感性的質感と抽出したスタイル特徴との関係性を定式化することで感性評価モデルを構築した。最後に、(4) 得られたモデルに基づき、所望の感性的質感を誇張した際のスタイル特徴を算出し、最適化を行うことで画像を生成した。更に、効果検証実験により生成画像の感性的質感が元画像と比較し有意に向上したことを確認し、本手法の有効性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年では E コマースの普及による市場環境のグローバル化に伴い、ユーザニーズや好みの多様化が進み、プロダクトのカスタマイズ化やパーソナライズ化に対する要求が高まっている。その実現に向け、人の嗜好や満足といった感性価値を的確に把握し、それらを具体的なデザインに展開する方法が注目されている。本研究により得られる成果は、直観的な素材の質感表現を可能にするという点で、人の嗜好や満足といった感性価値に基づくデザイン支援の一助になり得る。

研究成果の概要（英文）：In this study, we proposed an image generation method for textures with desired visual sensory texture. First, (1) subjective evaluation experiments were conducted on texture images to quantify the sensory texture. Next, (2) style features were extracted using a pre-trained VGG19. Then, (3) a sensitivity evaluation model was constructed by formulating the relationship between the quantified sensory quality and the extracted style features. Finally, (4) based on the obtained model, style features were calculated when the desired emotional quality was exaggerated, and images were generated by optimization. Furthermore, the effectiveness of the method was demonstrated through validation experiments, which confirmed that the emotional quality of the generated images was significantly improved compared to the original images.

研究分野：感性工学

キーワード：感性的質感 機械学習 画像生成 テクスチャ

### 1. 研究開始当初の背景

「高級感のある」や「古風な」といった素材の表面性状から喚起される印象は感性的質感と呼ばれ、ものの良し悪しや好ましさを評価・判断する上で重要な意味をもつと考えられている。そのため、近年プロダクトデザインの分野において、感性的質感を理解・制御する技術が必要とされている[1-3]。プロダクトデザインの分野において、ユーザのニーズを把握し、プロダクトに反映させることは重要である[4]。近年ではEコマースの普及による市場環境のグローバル化に伴い、ユーザのニーズや好みの多様化が進み、プロダクトのカスタマイズ化やパーソナライズ化に対する要求が高まっている。その実現に向け、人の嗜好や満足といった感性価値を的確に把握し、それらを具体的なデザインに展開する方法が注目されている[5-9]。

プロダクトのカスタマイズ化やパーソナライズ化に対する取り組みの一例として、衣服のオーダーメイドサービスが挙げられる[10]。これらのサービスは、数多くの素材や柄、形などから自由に組み合わせられる一方で、あらかじめ用意されている中から選ばなければならない、真のパーソナライズとは言い難い。更に、オリジナルなものを新たにデザインする上ではデザイナーの経験的知見が必要とされ、一般ユーザには困難を伴い、この種のサービスの一般社会への浸透に対し、大きな障壁になっている。

### 2. 研究の目的

本研究では、テクスチャを対象とし、所望の視覚に関する感性的質感を有するテクスチャ画像生成手法の提案を目的とする。そのため、柄から喚起される感性的質感と柄画像から抽出する物理特徴との関係性をモデル化し、感性的質感に寄与する特徴量を変化させ画像を生成する。本研究により得られる成果は、直観的な素材の質感表現を可能にするという点で、人の嗜好や満足といった感性価値に基づくデザイン支援の一助になり得る。

### 3. 研究の方法

本研究では、所望の視覚に関する感性的質感を有するテクスチャ画像生成手法を提案する。ここで、感性的質感とスタイル特徴との関係性を定式化した感性評価モデルを構築し、Gatysら[11]の手法をベースとした新たな生成手法へと拡張させる。提案手法の研究フローを図3.1に示す。はじめに、(1)テクスチャ画像を対象に主観評価実験を行い、感性的質感の定量化を行う。次に、(2)主観評価実験に使用した柄画像に対し、事前学習済みVGG19を用いてスタイル特徴を抽出する。その後、(3)定量化された感性的質感と抽出したスタイル特徴との関係性をLasso回帰により定式化することで感性評価モデルの構築を行う。最後に、(4)得られたモデルに基づき、所望の感性的質感を誇張したときのスタイル特徴を算出し、元画像との特徴量間の誤差を最小化するように最適化を行うことでテクスチャ画像を生成する。

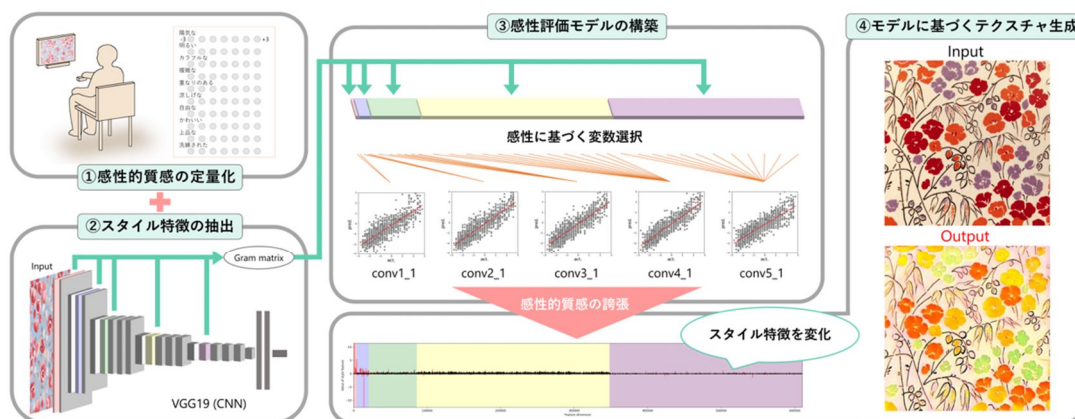


図 3.1 所望の感性的質感を有するテクスチャ画像生成手法の研究フロー

## 4. 研究成果

### 4.1 感性評価モデルの構築

本研究では、テキストチャ画像のサンプル数  $N = 1158$  に対し、説明変数のスタイル特徴が高次元であるため、過学習を起こすことが予想される。そこで竹本ら[2]と同様に、罰則付き回帰手法の1つである L1 正則化を利用した Lasso 回帰[12]を採用した。Lasso 回帰によって構築した各回帰モデルにおいて選択された特徴量の数を、および決定係数を表 4.1 4.2 にそれぞれ示す。

表 4.1 選択された特徴量数

| 語      | conv1_1 | conv2_1 | conv3_1 | conv4_1 | conv5_1 |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 陽気な    | 16      | 200     | 142     | 307     | 300     |
| 明るい    | 17      | 199     | 184     | 356     | 331     |
| カラフルな  | 27      | 183     | 99      | 214     | 172     |
| 複雑な    | 23      | 158     | 124     | 187     | 279     |
| 重なりのある | 20      | 174     | 181     | 230     | 289     |
| 涼しげな   | 21      | 134     | 287     | 453     | 422     |
| 自由な    | 14      | 212     | 226     | 245     | 94      |
| かわいい   | 18      | 163     | 128     | 186     | 213     |
| 上品な    | 14      | 112     | 198     | 197     | 198     |
| 洗練された  | 11      | 59      | 95      | 126     | 226     |

表 4.2 決定係数

| 語      | conv1_1 | conv2_1 | conv3_1 | conv4_1 | conv5_1 | 平均値   |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 陽気な    | 0.582   | 0.699   | 0.628   | 0.694   | 0.648   | 0.650 |
| 明るい    | 0.711   | 0.784   | 0.760   | 0.801   | 0.695   | 0.750 |
| カラフルな  | 0.330   | 0.565   | 0.608   | 0.695   | 0.603   | 0.560 |
| 複雑な    | 0.229   | 0.530   | 0.543   | 0.623   | 0.642   | 0.513 |
| 重なりのある | 0.167   | 0.488   | 0.570   | 0.673   | 0.661   | 0.512 |
| 涼しげな   | 0.699   | 0.775   | 0.776   | 0.809   | 0.716   | 0.755 |
| 自由な    | 0.172   | 0.386   | 0.408   | 0.487   | 0.332   | 0.357 |
| かわいい   | 0.372   | 0.550   | 0.501   | 0.568   | 0.549   | 0.508 |
| 上品な    | 0.229   | 0.317   | 0.393   | 0.460   | 0.411   | 0.362 |
| 洗練された  | 0.138   | 0.198   | 0.212   | 0.305   | 0.393   | 0.249 |

10 語中 7 語において 5 つのモデルの決定係数の平均が 0.5 以上となったことから、高精度な感性評価モデルを構築できたことを確認した。一方で、決定係数の低かった「自由な」、「上品な」、「洗練された」では、評価点が -3 点以上 -2 点未満や 2 点以上 3 点以下に該当するような両極端の評価だったサンプルが極めて少なく、こういった特徴がそれぞれの感性的質感に寄与するかを正確にモデル化できていないと考えられる。そのため、高精度にモデル化できた「陽気な」、「明るい」、「カラフルな」、「複雑な」、「重なりのある」、「涼しげな」、「かわいい」の計 7 語を誇張する感性的質感の対象とし、各モデルにおける回帰係数をテキストチャ生成で用いる。

### 4.2 感性評価モデルに基づくテキストチャ生成

本研究では、以下 5 つの処理により画像の生成を行う。まず、(i) 元画像(入力画像)からスタイル特徴とコンテンツ特徴を抽出する。スタイル特徴は各 5 層から、コンテンツ特徴は VGG19 の 4 番目のブロックの 2 番目にある畳み込み層('conv4\_2')からそれぞれ抽出する。(ii) 前節で述べた感性評価モデルの回帰係数を用い、スタイル特徴の感性的質感に寄与する次元を変化させる。(iii) 生成画像(出力画像)からも同様にスタイル特徴とコンテンツ特徴を抽出する。このとき、初期画像には元画像を設定する。続いて、(iv) 元画像と生成画像との間で特徴量ごとに誤差を計算し、スタイル特徴の誤差に比重を置き、全体の誤差を計算する。その後、(v) 全体の誤差を最小化するように生成画像を更新する。最適化には L-BFGS 法[13]を用いる。更に、(iii) ~ (v) の処理を 300 回反復させることで最終的な画像を生成する。

生成結果の一部を図 4.1 に示す。最上段に元画像、2 段目以降に生成画像を並べており、生成画像において誇張した感性的質感は上から「陽気な」、「明るい」、「カラフルな」、「複雑な」、「重

なりのある」、「涼しげな」、「かわいい」の順である。「陽気な」では画像全体が黄みを帯び、「明るい」では明度が上がったように、「カラフルな」では彩度が上がったようにそれぞれ変化した。また、「複雑な」では葉脈等の線の部分が強調され、「重なりのある」では陰影等が強調され奥行きを感じるように変化した。更に、「涼しげな」では画像全体が青みを帯び、「かわいい」では明度は上がりつつ彩度が下がったパステル調のように変化した。このように、提案手法を用いることで人の直感に合った生成結果が得られることを確認した



図 4.1 生成結果の一例

- [1] Y. Yamazaki, M. Imura, K. Tobitani, Y. Tani, and N. Nagata, "Development of measurement and simulation scheme for digitalization of tactile perception," in Proceedings of the Seventh Asia International Symposium on Mechatronics, pp. 981-986, Springer, 2020.
- [2] A. Takemoto, K. Tobitani, Y. Tani, T. Fujiwara, Y. Yamazaki, and N. Nagata, "Texture synthesis with desired visual impressions using deep correlation feature," in IEEE International Conference on Consumer Electronics, pp. 1-2, IEEE, 2019.
- [3] 谿雄祐, 藤原大志, 竹本敦, 飛谷謙介, 井村誠孝, and 長田典子, "テクスチャの印象における視触覚情報統合様式に関する検討," 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol. 23, no. 3, pp. 115-118, 2018.
- [4] 徳丸正孝, "感性データマイニング," 精密工学会誌, vol. 82, no. 1, pp. 43-46, 2016.
- [5] 飛谷謙介, 白岩史, 片平建史, 長田典子, 荷方邦夫, and 荒川薫, "化粧品パッケージデザインにおける高級感印象のモデル化," 精密工学会誌, vol. 87, no. 1, pp. 134-139, 2021.
- [6] 豊田直晃, 浅野浩志, 北原路郎, 中田悟, 浅井巖, 高尾泰正, 島田泰拓, and 羽多野重信, "粉体層せん断力測定による化粧品用粉体の使用感に関する客観的評価," 粉体工学会誌, vol. 52, no. 12, pp. 694-700, 2015.
- [7] A. Inoue, K. Tobitani, Y. Osawa, M. Fujiwara, L. Park, K. Nishimoto, N. Nagata, and A. Okada, "Development of a base makeup with a pearl luster using three-dimensional computer graphics," in Proc. International Federation of Societies of Cosmetic Chemists 28th CONGRESS, PODIUM COMMUNICATIONS, pp. 201-213, 2014.
- [8] 中村透, 上垣百合子, 藤原ゆり, 奥谷晃久, 山本松樹, and 長田典子, "照明刺激環境下のくつろぎ感に関する心理生理学的研究," 電子情報通信学会論文誌 D, vol. 96, no. 6, pp. 1536-1544, 2013.
- [9] 片平建史, 饗庭絵里子, 矢野浩範, 松浦周平, 飛谷謙介, 長田典子, 宮一普, and 古川誠司, "心理尺度を用いた微細気泡浴の入浴効果の検討," 人間工学, vol. 50, no. 1, pp. 29-34, 2014.
- [10] 経済産業省, "IoT等のデジタルツールを活用したマスカスタマイゼーションに係る省エネ可能性等に関する調査" [https://www.meti.go.jp/medi\\_lib/report/H30FY/000194.pdf](https://www.meti.go.jp/medi_lib/report/H30FY/000194.pdf), 2019.
- [11] L. A. Gatys, A. S. Ecker, and M. Bethge, "Image style transfer using convolutional neural networks," IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 2414-2423, 2016.
- [12] R. Tibshirani, "Regression shrinkage and selection via the lasso," Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological), vol. 58, no. 1, pp. 267-288, 1996.
- [13] C. Zhu, R. H. Byrd, P. Lu, and J. Nocedal, "Algorithm 778: L-bfgs-b: Fortran subroutines for large-scale bound-constrained optimization," ACM Transactions on Mathematical Software, vol. 23, no. 4, pp. 550-560, 1997.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

|  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名<br>TOBITANI Kensuke, SHIRAIWA Aya, KATAHIRA Kenji, NAGATA Noriko, NIKATA Kunio, ARAKAWA Kaoru | 4. 巻<br>87              |
| 2. 論文標題<br>Modeling of “High-Class Feeling” on a Cosmetic Package Design                             | 5. 発行年<br>2021年         |
| 3. 雑誌名<br>Journal of the Japan Society for Precision Engineering                                     | 6. 最初と最後の頁<br>134 ~ 139 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.2493/jjspe.87.134  | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難   | 国際共著<br>-               |
| 1. 著者名<br>飛谷謙介、山崎陽一、長田典子   | 4. 巻<br>31              |
| 2. 論文標題<br>感性指標化技術によるテクスチャの質感制御  | 5. 発行年<br>2020年         |
| 3. 雑誌名<br>光アライアンス  | 6. 最初と最後の頁<br>27 ~ 33   |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし  | 査読の有無<br>無              |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難   | 国際共著<br>-               |
| 1. 著者名<br>飛谷謙介、谷伊織、橋本翔、長田典子  | 4. 巻<br>31              |
| 2. 論文標題<br>スタイル特徴を利用したDNNによる印象推定に寄与する画像領域の可視化  | 5. 発行年<br>2020年         |
| 3. 雑誌名<br>画像ラボ   | 6. 最初と最後の頁<br>38 ~ 44   |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし  | 査読の有無<br>無              |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難   | 国際共著<br>-               |
| 1. 著者名<br>飛谷謙介・谷伊織・谿雄祐・長田典子・森田修史   | 4. 巻<br>30              |
| 2. 論文標題<br>Neural Style Featureを用いた衣服の柄における印象推定モデルの構築  | 5. 発行年<br>2019年         |
| 3. 雑誌名<br>画像ラボ   | 6. 最初と最後の頁<br>21-29     |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし  | 査読の有無<br>無              |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難   | 国際共著<br>-               |

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Natsuki Sunda, Kensuke Tobitani, Iori Tani, Yusuke Tani, Noriko Nagata and Nobufumi Morita |
| 2. 発表標題<br>Impression estimation model for clothing patterns using neural style features              |
| 3. 学会等名<br>HCI International 2020(HC!!2020) (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2020年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>寸田菜月、谷伊織、飛谷謙介、竹本敦、谿雄祐、長田典子、森田修史          |
| 2. 発表標題<br>Neural Style Featureを用いた感性モデルに基づくテクスチャ生成 |
| 3. 学会等名<br>ビジョン技術の実利用ワークショップ (ViEW2020)             |
| 4. 発表年<br>2020年                                     |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>寸田菜月、谷伊織、飛谷謙介、竹本敦、谿雄祐、長田典子、森田修史        |
| 2. 発表標題<br>Neural Style Featureを用いた感性モデルに基づく質感表現  |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会メディアエクスペリエンス・バーチャル環境基礎研究会(MVE) |
| 4. 発表年<br>2020年                                   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>寸田菜月・飛谷謙介・竹本敦・谷伊織・谿雄祐・藤原大志・長田典子・森田修史 |
| 2. 発表標題<br>CNNのスタイル特徴と感性指標に基づく印象推定モデルと柄検索システム   |
| 3. 学会等名<br>ビジョン技術の実利用ワークショップ (ViEW2018) 講演論文集   |
| 4. 発表年<br>2018年                                 |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>寸田菜月・飛谷謙介・竹本敦・谷伊織・谿雄祐・藤原大志・長田典子・森田修史 |
| 2. 発表標題<br>CNNのスタイル特徴と感性指標に基づく印象推定モデルと柄検索システム   |
| 3. 学会等名<br>第20回日本感性工学会大会                        |
| 4. 発表年<br>2018年                                 |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Sunda, N., Tobitani, K., Takemoto, A., Tani, I., Tani, Y., Fujiwara, T., Nagata, N., & Morita, N. |
| 2. 発表標題<br>Impression estimation model and pattern search system based on style features and Kansei metric   |
| 3. 学会等名<br>24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST'18) (国際学会)                    |
| 4. 発表年<br>2018年  |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

|   |
|---|
| CNNのスタイル特徴と感性指標に基づく柄検索システム<br><a href="https://ist.ksc.kwansei.ac.jp/~nagata/projects/CNN-style.html">https://ist.ksc.kwansei.ac.jp/~nagata/projects/CNN-style.html</a> |
|---|

6. 研究組織

|       | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                       | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)                 | 備考 |
|-------|---|---------------------------------------|----|
| 研究分担者 | 片平 建史<br><br>(Katahira Kenji)<br><br>(40642129) | 関西学院大学・理工学部・講師<br><br><br><br>(34504) |    |



6. 研究組織（つづき）

|                   | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                    | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)                 | 備考 |
|-------------------|--|---------------------------------------|----|
| 研究<br>分<br>担<br>者 | 橋本 翔<br><br>(Hahimoto Sho)<br><br>(80756700) | 関西学院大学・理工学部・助教<br><br><br><br>(34504) |    |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|         |         |