

# 衣類のしわ位置提示による 初心者向けアイロン掛け支援システム

鈴木 喜光江†

藤波 香織‡

†東京農工大学大学院 工学府 情報工学専攻

‡東京農工大学大学院 工学研究院 先端情報科学部門

## 1 はじめに

近年、料理をはじめとした家庭における作業の支援に関する研究が多く行われている。家庭での作業には様々なものが挙げられるが、中でもアイロン掛けは多くの人が嫌い、特にアイロン掛けの経験が乏しい初心者はアイロン掛けを難しいと感じることが分かっている。そこで我々は初心者でもしわを残さず安全にアイロン掛けを行えるよう、プロジェクタとカメラを用いた初心者向けアイロン掛け支援システムを開発した。

システム利用時とディスプレイに情報を提示した場合のアイロン掛けを比較実験した結果、しわの残りの軽減を実現し、情報の重畳と作業状態認識の有効性に関する知見を得た [1]。一方で、システム利用時においてもしわが残ることが課題となった。この結果を受け、確実なしわの除去を行ううえで、ユーザに対ししわの位置をフィードバックする手法が有効であると考えた。本稿ではしわ検出機能の実装と評価について述べる。

## 2 関連研究

製品としての衣類の質を決定するためのしわの等級評価は目視で行われており、評価者の主観が評価に影響する。そのため衣類の画像からしわの特徴量を算出し、自動で評価を行う研究が行われている。Sun et al. は環境光や衣類の色の影響を軽減するために赤外線カメラで取得したしわ画像を利用し、ウェブレット変換を繰り返す多重解像度解析で4つの画像特徴量、energy, hardness, density, contrast を得ている [2]。

本研究においてはプロジェクタ光によって衣類に情報を重畳表示するため、環境光の影響に対して頑健な Sun et al. の手法は有効であると考えられる。そこで、まずこの手法を参考に画像特徴量を用いたしわ検出機能の実装を試みた。

## 3 しわ検出手法

### 3.1 しわレプリカの利用

しわの画像特徴量算出の際に使用するしわ画像は、American association of textile chemists and colorists (AATCC) が提供するしわの等級評価用のしわレプリカを撮影して収集した [3]。このレプリカは SA1, SA2, SA3, SA3.5, SA4, SA5 の6枚から成る。SA1 は大きなしわが多数存在し、数字が大きくなるにつれしわは

小さくなり量も減少する。そして SA5 はしわが無い状態のレプリカである。

### 3.2 しわの陰影の強調

Sun et al. はしわ画像を取得する際、しわの陰影を際立たせるために衣類を赤外線 LED で照らしている。本研究では Microsoft Kinect V1 (以下、Kinect) に搭載された赤外線カメラを利用した。また、Kinect のカメラで入力可能な赤外線の波長が 830 nm であることから、同じ波長の光を放つ赤外線 LED を 40 個搭載した赤外線投光器を使用した。

まず、図 1 に示すように取得画像内にアイロン台全体が入るよう赤外線カメラをアイロン台上方約 80 cm に設置した。そしてしわの陰影が明確になる投光器の設置位置を検討するため、設置位置を変化させた。

アイロン掛け後のしわを想定し、アイロン台上に SA3～SA4 のしわレプリカを設置し、アイロン台上から投光器の中心までの高さ  $h$  を 0 cm～15 cm、アイロン台と投光器の中心が成す角  $\theta$  を 0 度～20 度に変化させながらレプリカを照らして撮影を行った。

しわの陰影が明確に現れる画像では画素値の分散が大きくなると考え、各画像の分散値を算出した。その結果、SA3～SA4 の全てのしわレプリカにおいて、 $h$  が 5 cm、 $\theta$  が 10 度の場合に画素の分散が最も大きくなった。以上を踏まえ、しわ陰影を明確に取得可能な光源の設置位置として、アイロン台上から 5 cm、アイロン台に対する角度 10 度を定めた。

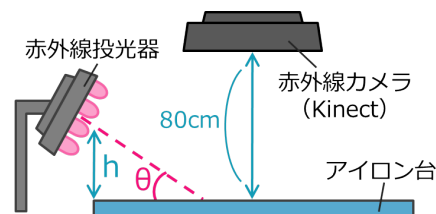


図 1: 赤外線カメラと赤外線投光器の設置位置

### 3.3 画像特徴量の検討

#### 3.3.1 学習データの収集

衣類のしわを検出する際、たるみやタック等を区別する必要がある。そのため、SA1～SA5 のしわレプリカからしわ画像を収集し、5 名がアイロン掛けした衣類からタックとたるみの画像を収集した。画像にはアイロン台やシャツの全体が映っているため、しわやたるみに該当する箇所のみを抽出する必要がある。そこで画像を目視で確認し、スライド幅を 8 px として 32 × 32 px の ROI を切り出し、各クラスで 1000 枚 (タッ

An Ironing Support System for Beginners with Wrinkle Pointing

Kimie SUZUKI†, Kaori FUJINAMI‡

†,‡Department of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

クのみ927枚)の画像を得た。なお32×32pxは多重解像度解析に必要な最少の画像サイズである。

### 3.3.2 Sun et al. の提唱する特徴量の適用

Sun et al. の提唱する画像特徴量のみを用いたしわ検出の実現可能性について調査を行った。

前節の画像から2節で述べた4つの画像特徴量を算出し、SVM、単純ベイズ、多層パーセプトロン、決定木、ランダムフォレストの5つの手法で10分割交差検定を行い、画像をSA1～SA4と平面、タック、たるみの8クラスに分類した。その結果、各手法で得られたF値は30.9%、28.3%、41.4%、41.7%、44.6%となり、ランダムフォレストで得られたF値44.6%が最も高い値となった。さらに、SA1～SA4を「しわ」クラスに統合して4クラスの分類を行った際にもランダムフォレストで最も高い値が得られ、F値は70.9%となった。以上の結果から、4つの特徴量のみではしわ検出に不十分であることが明らかになった。

### 3.3.3 新たな特徴量の利用

前節の結果を踏まえ、新たな画像特徴量として画素値の分散と標準偏差、医療画像など目視による判断が難しい画像の解析に用いられるフラクタル次元および局所フラクタル次元を導入した[4]。フラクタル次元と局所フラクタル次元の値は画像の形状が複雑であり輝度変化が密であるほど大きくなるため、しわによる輝度変化がある画像においては2つの特徴量の値が大きくなる考えた。

Sun et al. の4つの画像特徴量に加えて分散、標準偏差、フラクタル次元(スケール18)、局所フラクタル次元(スケール4,6,8,10,18)の計12個の特徴量を用い、画像をSA1～SA4と平面、タック、たるみの8クラスに分類した結果、ランダムフォレストで得られたF値62.1%が最も高い精度であった。さらに、3.3.2節と同様にSA1～SA4を「しわ」クラスに統合して分類を行った結果、表1に示すようにF値81.1%の精度を得た。

フラクタル次元の導入により分類精度は向上したが、各分類手法でたるみの誤分類が多く見られた。最も精度の高いランダムフォレストにおいては、タックやたるみの半数近くが他クラスに分類されている。

表1: ランダムフォレスト 精度: 81.1%

| 正解データ | 平面  | たるみ | タック | しわ  |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| 平面    | 952 | 10  | 4   | 34  |
| たるみ   | 17  | 749 | 144 | 90  |
| タック   | 1   | 166 | 675 | 85  |
| しわ    | 64  | 63  | 62  | 811 |

### 3.3.4 濃度共起行列およびランレングス行列の利用

新たに特徴量を加えたうえでの再分類の結果、タックとたるみの誤分類がしわ検出器の精度に影響している可能性が示唆された。図2に示すようにタックやたるみはしわに比べて広範囲に凹凸が生じ、陰影によって一定の画素値が連続する部分が多い。そこで画素値の連続を特徴として分類を行うため、濃度共起行列とランレングス行列から算出する特徴量を新たに利用した。

画像の4方向(0度、45度、135度、90度)とそれらを合計した5つの濃度共起行列からHaralick et al. が提唱する3つの特徴量を算出し、15個の特徴量を得た[5]。また、画像の4方向(0度、45度、135度、90度)の4つのランレングス行列からGallowayが提唱する5つの特徴量を算出し、20個の特徴量を得た[6]。算

出した35個の特徴量を3.3.3節の特徴量に加え、計47個の特徴量を用いてランダムフォレストによる分類を行った結果、8クラスでの分類精度は89.9%、4クラスでは93.7%となった。



図2: 左: タック 中: たるみ 右: しわ (説明のために各画像を強調処理し切り出した)

## 4 しわの位置提示

初心者がアイロン掛けが必要となる位置を理解しやすいよう、しわの位置はプロジェクタによって衣類に直接提示される。現状では図3に示すように、しわとして分類されたROIに対して赤色を投影している。

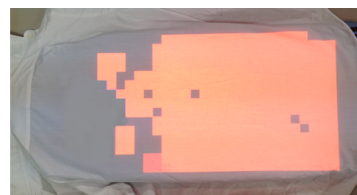


図3: しわの位置のフィードバック

## 5 まとめと今後の課題

Sun et al. の提唱する4つの画像特徴量に加え、新たに43個の特徴量を導入することで約94%の精度で衣類の画像を4クラスに分類可能となった。

今後は初心者が効率的にしわの位置を把握し、除去可能なしわの位置提示手法を調査する。前節で述べたフィードバック手法に加え、しわ以外の衣類の状態を合わせて提示する方法など、複数種類のフィードバック方法を実装したうえで比較評価する。

## 謝辞

本研究の一部は科研費 基盤研究(C): 24500142の助成を受けた。

## 参考文献

- [1] K.Suzuki, et al.: An ironing support system with superimposed information for beginners. In COMPSACW, 2014 IEEE 38th International, pp. 552-557. IEEE, 2014.
- [2] J.Sun, et al.: Fabric wrinkle characterization and classification using modified wavelet coefficients and support-vector-machine classifiers. Textile Research Journal, Vol. 81, No. 9, pp. 902-913, 2011.
- [3] American association of textile chemists and colorists. URL: <http://www.aatcc.org/> (2015/1/8参照) .
- [4] 藤波, 他: 超音波画像を用いたファジィ理論による脂肪肝診断支援. 電気学会論文誌. C, 電子・情報・システム部門誌, Vol. 115, No. 12, pp. 1432-1437, 1995.
- [5] R.M.Haralick, et al.: Statistical and structural approaches to texture. Proceedings of the IEEE, Vol. 67, No. 5, pp. 786-804, 1979.
- [6] M.M.Galloway.: Texture analysis using gray level run lengths. Computer graphics and image processing, Vol. 4, No. 2, pp. 172-179, 1975.