

検品自動化のための画像処理による平面状衣服の寸法計測

中央大学 ○高橋 京平, 増山 岳人, 梅田 和昇

ファッションクロスフルシマ 長田 敏明, 古島 一男

Measurement of planar clothes by image processing for automatic inspection

Chuo Univ. Kyohei TAKAHASHI, Gakuto MASUYAMA, Kazunori UMEDA

Fashion Cloth Furushima Co., Ltd. Toshiaki OSADA, Kazuo FURUSHIMA

This paper presents an image processing system for measurement of clothes such as T-shirts automatically to make clothes inspection process more effective. The proposed system uses a camera arranged vertical to inspection stands and captures grayscale images of clothes. First, the contours of clothes in images are extracted by Level Set Method. The proposed system uses edge information in extracting the contours. The inspection stand's color is set to be different from the subject of measurement so that edge information can be obtained easily. Second, straight or curve lines are fitted to the contours.. In the fitting, regions near the intersection points of the contours are eliminated, so that the effect of local wrinkle at armpit by flexibility of T-shirts is reduced. The points of dimensional measurements are detected as each intersection point of fitted lines. Finally, the dimensions of clothes are calculated by Euclidean distance.

1. 緒言

衣服は、製造後から出荷されるまでに様々な工程が存在する。その1つに寸法や色が基準に適しているかを検査する検品と呼ばれる工程がある。この工程は、現在人によって行われているが、その非効率性が問題となっている。

近年、様々な目的でセンサを用いて衣服を計測する研究が行われている。関根ら[1]は、距離画像センサから得られた距離データに基づきユーザーの体型を推定し、推定結果と肩の輪郭線に基づいて衣服の画像合成を行う、仮想試着システムを提案している。How and Sahari[2]は、ロボットに衣服を把持させることを目的に、エッジを抽出し、衣服の形状を認識するシステムを提案している。Nakamuraら[3]は、試着を目的として、Kinectを用いて被験者の衣服のサイズを算出するシステムを提案している。しかし、これらの研究は大量の衣服を計測することを前提としていない点、システムの設置が困難という点で検品には適用が困難である。そこで本稿では、検品を自動化するためのシステムの1つとして、天井に設置したカメラを用いて、検品台の上に置かれた、Tシャツなど平面状衣服の身丈や身幅といった寸法を自動的に計測するシステムを提案する。

2. 提案手法の概要

前提条件として、事前のキャリブレーションによりカメラの内部パラメータおよび画像座標系とワールド座標系の関係が既知とする。まず、レベルセット法[4]を用いて、計測対象である衣服の輪郭を抽出する。次に、抽出した輪郭線の点群を、肩や裾といった衣服の各部位に分類した上で、寸法点付近の局所的なしわや変形に対応するために、各部位ごとに直線または曲線を当てはめる。最後に、当てはめられた結果を用いて、各直線または曲線の交点を寸法点として検出し、検出された寸法点の座標を画像座標系からワールド座標系に変更した後、各寸法を計測する。

2.1 レベルセット法を用いた輪郭抽出

輪郭線を、検品台と計測対象とに生じる輝度差をもとに閉曲線として抽出する。輪郭抽出にはレベルセット法を用いる。閉曲線上のグリッドの成長速度は、輝度勾配が十分大きいときに速度が0となるよう、式(1)のように設定する。

$$F_{i,j} = k_{i,j}(a - b\kappa_{i,j})$$
$$k_{i,j} = \frac{1}{1 + |\nabla G \otimes I(i,j)|^\gamma} \quad (1)$$

ただし、 a, b, γ は定数であり、 $\kappa_{i,j}$ は補助関数値の曲率、 G はゲイン、 $I(i,j)$ はピクセル (i,j) における輝度値である。検品台の色

は、計測対象との輝度差が生じやすいよう、黒と白を用い、計測対象となる衣服ごとに適宜変更する。

2.2 各輪郭線のフィッティング

まず、抽出された輪郭点群を、首、肩、袖、裾、脇にそれぞれ分類する。衣服製造時に、デザインモデルやCADモデルといった衣服の形を表すモデルが存在するため、分類にはそれらを想定したFig. 1に示す基準モデルを用いる。次に、左右袖先の位置、襟、裾の各直線における、基準モデルと抽出輪郭線との対応関係から回転、並進、スケール変化を求める。これにより、検査員の衣服設置時の誤差に対応する。次に、モデルと計測対象の形状誤差を低減するために、モデル点から一番近い輪郭点を新モデル点とする位置合わせを行う。分類にはFig. 2紫線に示す、位置合わせ後のモデルを使用し、輪郭点群と各部モデル直線の距離が近い点を該当する点として分類する。次に、分類した各点群からRANSACを用いて外れ値を除去する。さらに、寸法点付近の点群は、局所的なしわや変形の影響を受けやすいため、除去する。最後に、分類した各点群に、直線を当てはめる。残差2乗和が一定値以上の場合には、2次ないし3次の曲線を当てはめる。

2.3 寸法点の検出と寸法の算出

2.2において当てはめた直線ないし曲線の各交点を算出する。算出された各点を寸法点として検出する。検出した各寸法点間のワールド座標系におけるユークリッド距離により寸法を算出する。寸法点の画像座標系の位置 (i,j) とワールド座標系の位置 $(X_w, Y_w, 0)$ との対応関係はホモグラフィ行列を用いた式(2)のように表される。

$$\begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ 1 \end{bmatrix} \sim \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ j \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

また、式(2)は以下のように置き換えることができる。

$$\begin{cases} X_w = \frac{h_{11}i + h_{12}j + h_{13}}{h_{31}i + h_{32}j + 1} \\ Y_w = \frac{h_{21}i + h_{22}j + h_{23}}{h_{31}i + h_{32}j + 1} \end{cases} \quad (3)$$

ただし、計測対象の置かれる検品台の表面を、 $Z_w = 0$ に設定している。



(a) 長袖 (b) 半袖

Fig. 1 基準モデル



(a) 長袖 (b) 半袖

Fig. 2 変換後モデル

3. 検証実験

提案手法の有効性の検証のために評価実験を行った。実験には、天井に1脚で固定したカメラ(Logicool c615)を使用した。実験環境を Fig. 3 に示す。今回の実験では、各衣服の袖口幅、身幅、裾幅、袖丈、身丈、肩幅の寸法を計測対象とした。Fig. 4 に各寸法の基準となる位置、Table 1 に名称とその詳細を示す。実験対象として、半袖および長袖のTシャツそれぞれ2種類を用いた。計測は、各Tシャツに対して10回行い、計測毎にTシャツを設置し直した。事前にメジャーを用いて5回計測した各寸法値の平均値を真値とし、RMS 誤差を求めた。

計測結果を Table 2 に示す。Table 2 の各値は(真値/RMS 誤差)を表している。寸法点検出結果の一例を Fig. 5~8 に示す。これらの例では Fig. 5 の両肩部分を除く、すべての寸法点が適切に検出されている。Table 2 の RMS 誤差値より、袖口幅、裾幅は安定して計測できていることがわかる。しかし、身幅、袖丈および肩幅の寸法は、他の寸法と比較して誤差が大きくなっている。身幅は、置き方により歪曲が発生したことによる直線ないし曲線あてはめ結果の誤差および、本来検出するべき寸法点の位置である縫い目が隠れてしまったためと考えられる。袖丈および肩幅は、首から袖先までが一直線であり、肩と袖の輪郭線の交点が一意に定まらないことに起因する検出失敗のためであると考えられる。提案手法では、袖と首から肩にかけてのあてはめられた直線・曲線の交点から肩を検出するため、このような衣服における肩検出は困難であると思われる。



Fig. 3 実験環境

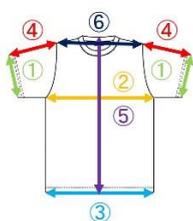


Fig. 4 計測対象寸法

Table 1 各寸法名称

対応番号	名称	寸法の詳細
①	袖口幅	各袖の各袖口端を結んだ長さ
②	身幅	左右の脇を結んだ線の長さ
③	裾幅	左右の裾の縫い目を結んだ線の長さ
④	袖丈	肩先から袖口端までの長さ
⑤	身丈	襟ぐりの付け根から裾までの長さ
⑥	肩幅	左右の肩先を結んだ線の長さ

Table 2 実験結果 (※真値/RMS 誤差. 単位は cm)

	袖口幅		身幅	裾幅	袖丈		身丈	肩幅
	左	右			左	右		
長袖 T シャツ 1	10.18 / 0.20	10.34 / 0.35	50.22 / 1.28	51.90 / 0.65	60.58 / 2.07	60.82 / 6.96	67.82 / 0.24	42.86 / 12.96
長袖 T シャツ 2	9.12 / 0.54	9.12 / 0.33	37.86 / 0.91	37.56 / 1.11	58.30 / 0.75	57.66 / 0.80	60.74 / 0.51	35.78 / 4.16
半袖 T シャツ 1	16.66 / 1.10	16.72 / 0.75	48.96 / 0.82	48.62 / 0.47	17.58 / 3.56	17.94 / 4.13	68.54 / 1.56	51.36 / 9.81
半袖 T シャツ 2	19.24 / 0.90	19.36 / 0.95	52.64 / 1.58	52.42 / 0.64	20.56 / 1.62	21.04 / 3.65	70.96 / 1.87	51.80 / 2.42



Fig. 5 長袖 T シャツ 1 の寸法点検出結果



Fig. 6 長袖 T シャツ 2 の寸法点検出結果



Fig. 7 半袖 T シャツ 1 の寸法点検出結果



Fig. 8 半袖 T シャツ 2 の寸法点検出結果

4. 結論と展望

本稿では、衣服の輪郭線を抽出し、輪郭線の各部位に直線または曲線を当てはめ、その交点を求めることにより、身丈や袖丈といった平面状衣服の寸法を自動的に計測するシステムを提案した。評価実験からほとんどの寸法で十分な計測精度を得られたが、首から袖までが一直線状の衣服における肩の寸法点検出は、現在の手法では困難であるという結論が得られた。

今後は、別手法を導入することで肩部分の検出を可能にする。また、現在輪郭抽出に 10~20[s] と時間が多くかかっているため、この高速化を行う。さらに、T シャツだけではなく、パンツなど別種類の衣服計測手法の提案を行う。

参考文献

- [1] 関根真弘, 杉田馨, フランクペルペー, “仮想試着システムにおける体型推定を用いた衣服画像合成技術”, 東芝レビュー, Vol. 70, No. 5, pp.42-45, 2015.
- [2] Y. Hou, and K. Sahari, “Identifying Corners of Clothes using Image Processing Method,” 2010 International Conference on Intelligent and Advanced Systems (ICIAS), 2010.
- [3] R. Nakamura, M. Izutsu, and S. Hatakeyama, “Estimation Method of Cloths Size for Visual Fitting Room with Kinect Sensor,” 2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp.3733-3738, 2013.
- [4] 倉爪亮, “レベルセット法とその実装法について”, 情報処理学会研究報告, Vol. 156, No. 17, pp.133-145, 2006.