

距離画像による衛生管理に向けた手の動作検出に関する研究

製品・機能評価課 佐々木克浩^{*1}、デジタルものづくり課 岩坪 聡^{*2}、生活工学研究所 塚本吉俊

1. 緒言

現在、WHO のガイドライン等に推奨する手洗いの手順等が示されているが、食品工場や病院において必ずしも遵守されておらず、食中毒や院内感染を引き起こす原因になっている。このため、所定の手順で手洗いを行ったかを自動管理できるシステムが望まれる。そのシステムに向けた手洗い動作の認識技術¹⁾として、本研究では、距離画像センサを用いて手の姿勢と動きの両方を考慮した動作認識を目指して研究を進めている。本年度は、昨年度のシステム²⁾を基盤として、手洗い種類を識別するための特徴量を取得するシステムを構築し、特徴量の計測と簡易的な動作識別実験を行った。

2. 特徴量およびシステム

手の姿勢を概略的に把握する狙いで、図 1 に示す特徴量を検討する。手の前方付近に距離画像センサを設置し、距離データについて小さい順に N_{ave} 個を平均することで、手の先端付近として基準距離 d_{ref} を定める²⁾。手を含むと仮定する距離範囲は $d_{ref} \sim d_{ref} + d_0$ とし、別途求める重心座標を中心に、 x 、 y 軸についてそれぞれ $\pm X$ 、 $\pm Y$ の範囲を対象とする。所定領域内のデータについて、 x 、 y 軸それぞれ最小値と最大値を求めて、外接する幅 w と高さ h (ピクセル) を算出する。特徴量は、図 1 で示す 2 つの所定距離領域で導出し、領域 1 の場合に幅 w_1 と高さ h_1 、領域 2 の場合に幅 w_2 と高さ h_2 と定義する (F 個のフレームの平均と d_{ref} による補正処理あり)。

手の擦り合せに伴う左右の手の動作情報を間接的に取得するため、腕付近の動きの指標として図 2 に示す特徴量を検討する。腕を含むと仮定する距離領域は $d_{ref} + d_0$ より長く、 $d_{ref} + d_0 + \Delta D_{max}$ 以下とする。現フレームと前フレームの距離の差分値が $\Delta D_{min} \sim \Delta D_{max}$ の範囲内で、重心の x 座標よりも小さいデータのピクセル数を M_{np} 、大きい場合のそれを M_{pp} とする。同様の手順で、距離の差分値が負の場合は M_{nm} 、 M_{pn} とする。左右の腕が相反して z 軸方向に動く擦り合せの指標として、 $M_{nm} \times M_{pp}$ の F フレームの積算値 S_{nm-pp} を算出する。同様に、 $M_{np} \times M_{pn}$ の F フレームの積算値 S_{np-pn} も求める。

上記の特徴量を取得するため、距離画像センサ (Creative 社製 Intel RealSense SR300) とパーソナルコンピュータを用いてシステムを構築した (プログラミング言語 C++ と OpenCV 利用)。距離画像は、解像度が 640×480

で、取り込み周期を 30 フレーム/秒に設定し、データ処理を行うピクセル数は解像度の半分とした。

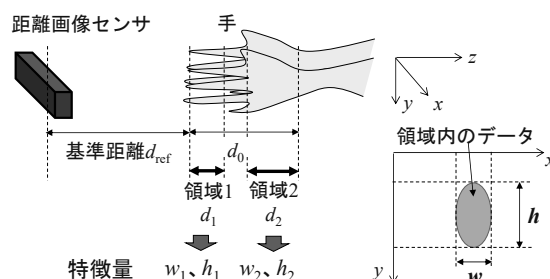


図 1 姿勢に関する特徴量の概略図

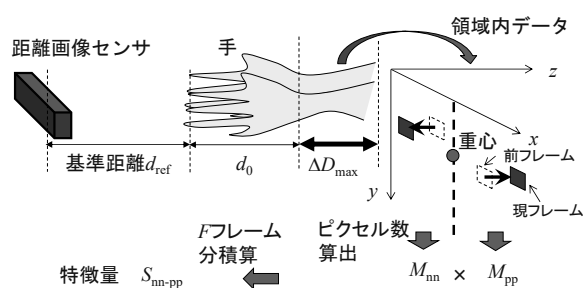


図 2 動きに関する特徴量の概略図

3. 実験

3.1 特徴量の計測

代表的な手洗い方法として、図 3 に示す①～⑤の動作を対象とした (水や洗剤は用いない模擬動作)。各動作を個別に行った際の計測を 2 セット行った。なお、立ち位置は予め指定した。データ処理の条件について、 $N_{ave}=50$ 、 $X=Y=150\text{pixel}$ 、 $d_0=150\text{mm}$ 、 $\Delta D_{min}=10\text{mm}$ 、 $\Delta D_{max}=80\text{mm}$ 、 $d_1=50\text{mm}$ 、 $d_2=70\text{mm}$ 、 $F=15$ とした場合における特徴量の計測結果の一例を図 4 に示す。同図では、1 セット 1 動作あたり 15 個のデータを抽出し、2 セット分である 30 個のデータの平均値と標準偏差をそれぞれ黒丸とエラーバーで示している。また各特徴量は、動作①～⑤の平均値と標準偏差がそれぞれ 0 と 1 になるように正規化している。同図(a)および(b)より、手が縦向きである動作①と③は、相対的に、 w_1 が小さく、 h_1 が大きいことがわかる。一方手が横向きである動作②と⑤は、 w_1 が大きく、 h_1 が小さい。また、同図(c)および(d)より、手首が開き気味である動作④と⑤は w_2 が大きく、低姿勢の動作⑤は h_2 が小さい。次に、同図(e)および(f)より、主に両手を z 軸方向に相反して動かす動作①と③は S_{nm-pp} と S_{np-pn} が大きく、動作②④⑤との違いが表れている。以上より、手の姿勢や腕の動きとの関連可能性を有する特徴量を得ることができた。

*1 現 生活工学研究所、*2 現 企画管理部



図3 手洗い動作

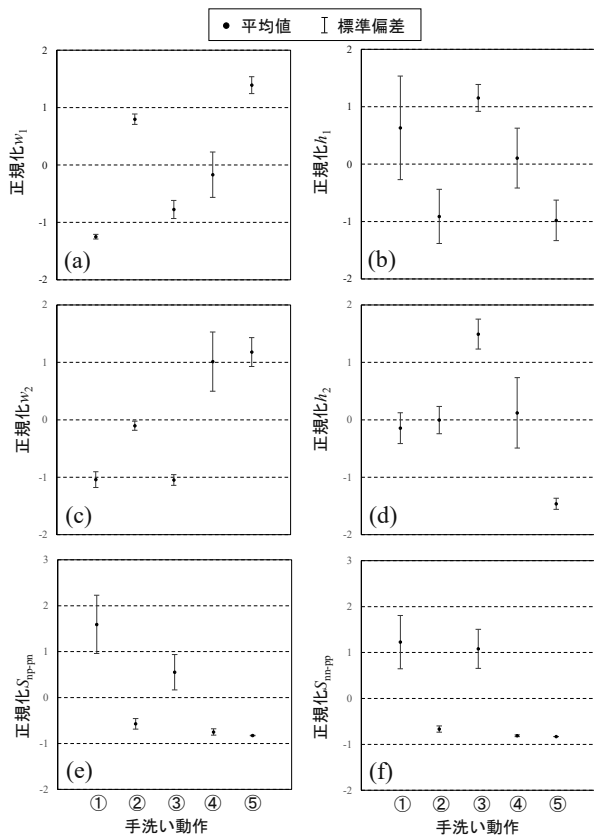


図4 特徴量の計測結果例

(a) w_1 , (b) h_1 , (c) w_2 , (d) h_2 , (e) S_{np-pn} , (f) S_{nn-pp}

3.2 動作識別の簡易評価

3.1 で検討した 6 種類の特徴量を採用して、分類器としてサポートベクトルマシン³⁾を用いて、簡易的な動作識別実験を行った。動作①～⑤(擦り合せ 10 回を指示)を連続して行った際の計測を 5 セット行った。1 セット 1 動作

あたり 4 個のデータを手動で抽出し、4 セットを学習用データ、残りを評価用データとして、5 回の評価を行った。なお、学習と評価は OpenCV の機能³⁾を利用し、それぞれ trainAuto 関数と predict 関数を適用した。本評価の結果、動作①～⑤ともに平均 8 割以上の正答が得られた。動作①と③を誤認識するケースがあったが、これは①と③の動作が類似しているためと考えられる。以上の結果から、本システムの基礎的な動作を確認できた。本研究の特徴量は、抽出する範囲等を距離やピクセル数で規定しているため、各所定条件の最適化が今後の課題となる。その際に、手の大きさ等の個人差の影響が懸念されるため、実用上は、RFID タグ等により個人を認証して、個人ごとに所定条件を設定することが考えられる。また、動作②④⑤については左右の手を組み替えた動作もあり、それらの識別に向けては、 M_m や M_{pp} を含めた特徴量の検討が必要と考えられる。

4. 結言

5 種類の手洗い動作を対象として、6 種類の特徴量の計測と簡易的な動作識別の実験結果例を示し、構築したシステムの基礎的な動作を確認した。今後は、水場における複数被験者に対する多数データ取得による動作識別の検証実験とともに、特徴量や所定条件の最適化が課題である。また、本システムは、距離画像センサを用いた動作検出の基礎的な枠組みとして、他の動作認識への展開も模索したい。

参考文献

- 1) B. Xia *et al.*: Proceedings of the 17th Irish Machine Vision and Image Processing conference (2015) 43.
- 2) 佐々木 他, 富山県産業技術研究開発センター研究報告, No33 (2019) 28.
- 3) 中村 他, OpenCV によるコンピュータビジョン・機械学習入門, 講談社 (2017)

キーワード：距離画像、手洗い、動作、特徴量、サポートベクトルマシン

Detection of Hands Motions for Hygiene Management Using Depth Camera

Product and Function Evaluation Section; Katsuhiro SASAKI^{*1}, Digital Manufacturing Section Satoshi IWATSUBO^{*2} and Human Engineering Section; Yoshitoshi TSUKAMOTO

A system for detecting features involving hand poses and arm motions was constructed using a depth camera placed in front of a human. In the system, the data processing algorithm for acquiring six feature quantities was implemented to recognize the five hand washing motions. The fundamental performance of the system was confirmed.