

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・機能評価技術課 佐々木克浩、岩坪聡^{*1}、生活工学研究所 塚本吉俊

1. 緒言

現在、WHO のガイドラインなどに推奨する手洗いの手順などが示されているが、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を行ったかを自動管理できるシステムが望まれる。この実現のためには、手洗い方法の認識技術^{1,2)}が必要と考えられる。特に、手の形と動きの両方を考慮した認識技術が望ましいと考え、その情報取得手段のひとつとして距離画像センサの利用が挙げられる。

このため、本研究では、距離画像センサを用いて手洗いの動作を認識可能なシステムの開発を目指す。本年度は、その基盤構築の一環として、手を前に出した状態検知とその手を動かしている指標を得るためのデータを取得するシステムに関して検討した。

2. システム

システムの構成を図 1 に示す。距離画像センサを手の前方付近に設置する。距離画像データはパーソナルコンピュータに取り込み、図 2 に示すデータ処理を行う。取得した距離データにおいて、 $D_{\min} \sim D_{\max}$ の範囲内のピクセル数 N と距離 d_i ($i=0, 1, \dots, N-1$) を抽出する。この N が $N_{\min} \sim N_{\max}$ の範囲内の場合に、手を前に出した状態と仮定する。手(腕を含む場合あり)とみなす解析領域を定めるため、手領域の先端(センサと手間の最短距離)付近を安定的に検知する目的で、基準距離 d_{ref} を定義する。手を前に出した状態の場合に、距離 d_i について、小さい順に N_{ave} 個の距離データを平均することで d_{ref} を求める。解析領域は、それら距離データの座標の平均値を中心に、 x 、 y 、 z 軸についてそれぞれ $\pm X$ 、 $\pm Y$ 、 $\pm Z$ の範囲とする。この領域において、現フレームと前フレームの距離の差分値が $\Delta D_{\min} \sim \Delta D_{\max}$ の範囲内のピクセル数を求め、さらに手を前後に動かしている指標として、そのピクセル数の F フレーム分の積算値 M_p を算出する。同様の手順で、距離の差分値が負の場合は M_n とする。

システム開発には、距離画像センサ^{2,4)}として Intel[®] RealSense™ SR300 を用い、プログラミング言語 C++ と OpenCV⁴⁾ を用いた。画像(解像度: 640×480) 取り込み周期は 30 フレーム/秒に設定した。距離画像の出力例を図 3 に示す。データ処理を行うピクセル数は、解像度の半分とし、距離 d_i の抽出の際は x 軸の両端部 100 ピクセルずつ除外した。

^{*1} 現 デジタルものづくり課

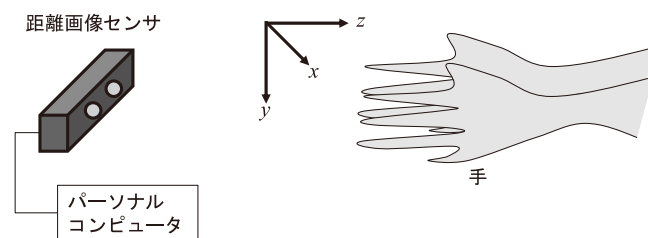


図 1 システム

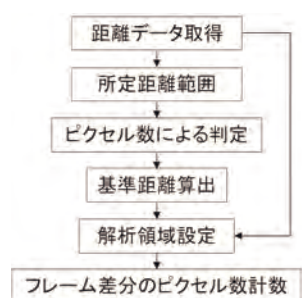


図 2 処理手順の概略



図 3 距離画像の例

3. システムの動作確認実験および考察

本システムの基礎的な動作を確認する目的で、手洗いを模擬(洗剤や水は用いない)した代表的な動作の計測を行った。動作は、センサの前で起立した状態から図 4 に示す①～⑤の動作を番号順に行った後、意図的に静止し、手を退けた。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、 $D_{\min}=200\text{mm}$ 、 $D_{\max}=450\text{mm}$ 、 $N_{\min}=100$ 、 $N_{\max}=10000$ 、 $N_{\text{ave}}=50$ 、 $X=Y=150$ 、 $Z=150\text{mm}$ 、 $\Delta D_{\min}=10\text{mm}$ 、 $\Delta D_{\max}=80\text{mm}$ 、 $F=15$ とした場合のデータ取得例を図 5 に示す。

図 5(a)は、手を前に出したかを判定した結果であり、縦軸の「1」が検知、「0」が非検知を示している。150 フレーム付近から手を前に出し、950 フレーム付近で手を退けた。同図より、この動作に応じて、判定できている。図 5(b)は基準距離 d_{ref} の算出結果であり、比較のために図 5(c)に最短距離を示している(検知状態の場合にプロット)。各図を比較すると、最短距離はノイズの影響と推測されるばらつきがあるが、基準距離 d_{ref} はばらつきが低減されている。動作④を行っていた 530～660 フレーム付近において、 d_{ref} の変動が比較的大きいのは、親指を握られている手が動くことに起因していることが一要因として考えられる。また動作④では、 d_{ref} が最短距離より長い傾向が他の動作に比べて顕著なため、手領域の先端を検知しているかの検証とともに、平均数 N_{ave} の最適化が必要である。図 5(d)より、動作①～⑤を行っていた 150～800 フレーム



図4 手洗い動作（模擬）例

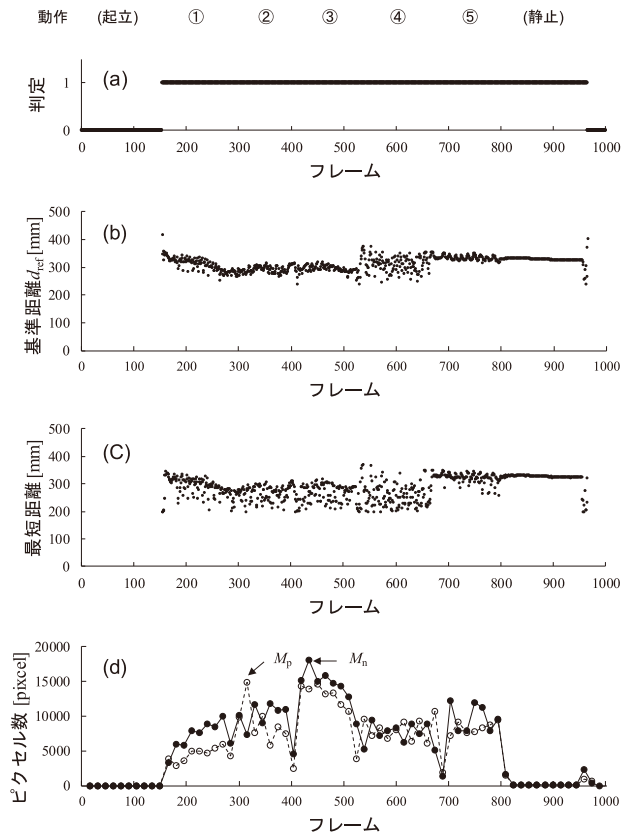


図5 各データの取得例

(a) 手を前に出した判定、(b) 基準距離 d_{ref}
(c) 最短距離、(d) M_p 、 M_n

付近までは M_p と M_n が比較的高い値を示しており、手を静止していた800～950フレーム付近で低い値になっている。フレーム数が285、405、525、690においてピクセル

数が低下しているのは、一連の動作①～⑤における各動作の変わり目に対応していると考えられる。以上より、ピクセル数に閾値を設定することによる動きの検知可能性を示唆している。

図5(c)に示すような距離値の変動に関連して、手を前に出さずに、距離画像センサの前に立っている状態であっても、少ないピクセル数 N の距離 d_i が現れる場合があった。距離画像には、このようなノイズを含む場合があると考えられた。図5(a)の判定に際して、 N_{min} を大きくすればこの影響を受けにくくなるが、動作①～⑤で取得される N の下限を考慮して適切な値に設定することが重要となる。図5 はデータ取得の一例を示したものであり、複数被験者を対象とした判定や動きの検知の精度検証とともに、各所定条件の最適化が課題である。

4. 結言

距離画像センサを用いて、手を前に出した状態検知とその手を動かしている指標取得のためのシステムを構築した。手洗いを模擬した代表的な動作の計測例を示し、本システムの基礎的な動作を確認した。今後は、手およびその動きの検知に関する課題の改善を試みつつ、手洗い動作を識別するための特徴量に関して検討し、動作認識に関する実証実験に繋がたいと考えている。

参考文献

- 1) 東 他, 情報処理学会第76回全国大会, 5Q-2, (2014) 2-265.
- 2) B. Xia *et al.*: Proceedings of the 17th Irish Machine Vision and Image Processing conference (2015) 43.
- 3) 中村 他, Intel RealSense SDK センサープログラミング, 翔泳社, (2015)
- 4) 小枝 他, OpenCV による画像処理入門 改訂第2版, 講談社, (2017)

キーワード：距離画像、手洗い、動作、システム

Detection of Hands Motions for Hygiene Management Using Depth Camera

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

A data acquisition system for detecting motions of hand washing was constructed using a depth camera placed in front of a human. A data processing algorithm for detecting hands putting out was implemented, and a reference distance of the hands was calculated. In the analysis region determined by the reference distance, data processing for acquiring indicators of hands motions were performed. The fundamental performance of the system was confirmed.