

# 画像情報による作業分析に向けた手の動作検出に関する基礎研究

生活科学課 佐々木克浩、浦上 晃、塚本吉俊 機械電子研究所 金森直希

## 1. 緒言

現在、WHOのガイドライン等に推奨する手洗い手順などが示されているが、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認識できるシステムが望まれる。特に最近では、HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) に沿った衛生管理や感染症対策の支援のため、その必要性が高まっている。手洗い動作の判定に関しては、RGB画像<sup>1,3)</sup>や距離画像<sup>3,4)</sup>を利用したものがある。RGB画像を用いて手を検出する場合、手に洗剤が付着している状況や手の背景が肌色に近い場合に検出に影響を与える可能性があるが、距離画像はこれらの影響を直接的に受けにくい特徴がある。また、動作認識については、姿勢だけでなく動きの検出も重要と考えられるが、両方を勘案したシステム<sup>5)</sup>は少ない。

筆者らは、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た研究を行ってきた<sup>5)</sup>。これまでは、手の前方にセンサを設置したが、手の傾き等の影響があり、動作識別のための特徴量が十分ではなかった。このため本研究では、手の斜め上部にセンサを設置して距離画像を取得することで、手領域を選定し、画像特徴量の適用を検討する。本年度は、特徴量抽出の前段として、手付近の領域を選定するシステムを検討した。

## 2. ROIの選定方法

手の斜め上方に距離画像センサを設置して取得した距離画像について、手付近の関心領域 (Region of Interest: ROI) を選定<sup>2)</sup>するため、図1および図2に示すデータ処理を行う。はじめに図1①に示すように、距離 $D$ が $D_{\min}$ ~ $D_{\max}$ の範囲内の画素を原点座標から $x$ 軸方向に順次探索し、最初と最後に条件を満たした画素(同図中の灰色)を検知と定義する。同様に、 $y$ 軸方向に走査して最後に検知となった画素を手の先端と仮定して、その $y$ 座標を $Y_t$ とする(ROIの先端)。次に、1つの検知の画素に着目して、図1②に $\times$ で示す隣接する5画素との距離差 $\Delta D$ が $0 \sim \Delta D_{\max}$ の範囲内であった画素も検知とする。この処理を図1③に示す矢印の方向に走査することで、同図中の灰色(検知)領域で示すように、手および腕を含む領域が検出される。この領域から両手が組合さる付近をROIの後端として定めるため、以下の処理を行う。図2左の矢印で示す $Y_t$ から開始する $x$ 軸方向の走査において、検知の画素が $N_d$ 個以上連続した後、非検知が $N_n$ 個以上続き、再度

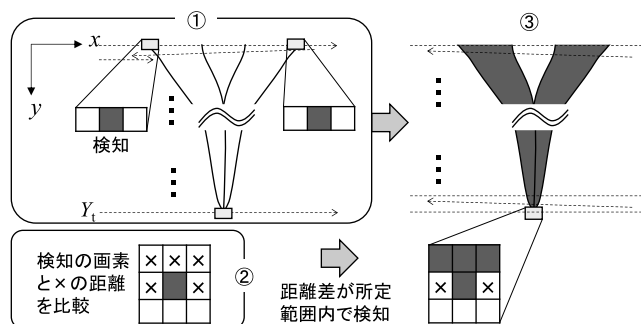


図1 手および腕等の検出の説明図

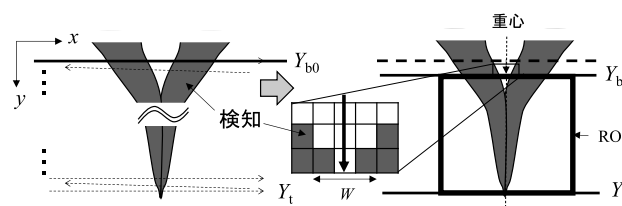


図2 ROIの選定の説明図

検知が $N_d$ 個以上連続した最初の $y$ 座標を $Y_{b0}$ とする。これにより、 $Y_{b0} \sim Y_t$ 間で求める重心の $x$ 座標 $X_g$ をROIの中心とする。さらに、 $Y_{b0}$ から $y$ 軸方向に走査して、 $X_g$ に対称な画素数 $W$ の中に検知が存在した最初の $y$ 座標 $Y_b$ をROIの後端とする。以上より、手の先端( $Y_t$ )、後端( $Y_b$ )と $X_g$ で定まる正方形をROIとする(図2右)。

## 3. システム

距離画像センサ (Creative社製 Intel RealSense SR300) を手の斜め上方に設置し、テーブル上において手洗いを模擬した代表的な動作(図3(a)から(f))を行ってもらい、計測した。パーソナルコンピュータに画像サイズ $640 \times 480$ ピクセルの距離データを取り込んだ(周期: 30フレーム/秒)。このデータに対して2の方法でROIを選定するシステムを、開発言語Pythonを用いて構築した。データ処理を行うピクセル数は画像サイズの半分とし、処理条件は $D_{\min}=400\text{mm}$ 、 $D_{\max}=700\text{mm}$ 、 $\Delta D_{\max}=5\text{mm}$ 、 $N_d=20$ 、 $N_n=30$ 、 $W=21\text{pixel}$ とした。図3(a)の動作について、図1の手順に基づいて手および腕を含む領域を検出した結果を図4(a)に示す。同図では、検知となった座標を白丸で示しており、白色の領域から手および腕を含む領域を概ね検出できていることがわかる。次に、図2の手順に基づいてROIを選定した結果例を図4(b)に示す。同図において、選定したROIを白枠により示しており、手付近の領域を選定できていることがわかる。他の動作も含めて同様のデータ処

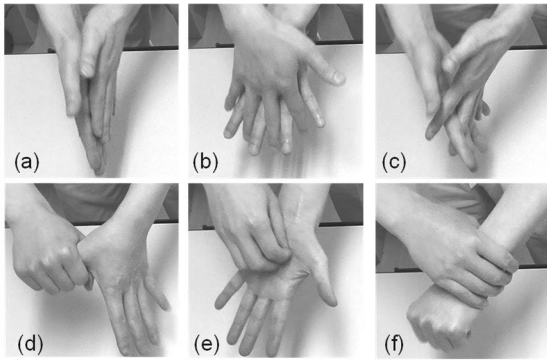


図3 手洗い模擬動作  
(a) 手のひら、(b) 手の甲、(c) 指の間、  
(d) 親指、(e) 指先・爪、(f) 手首

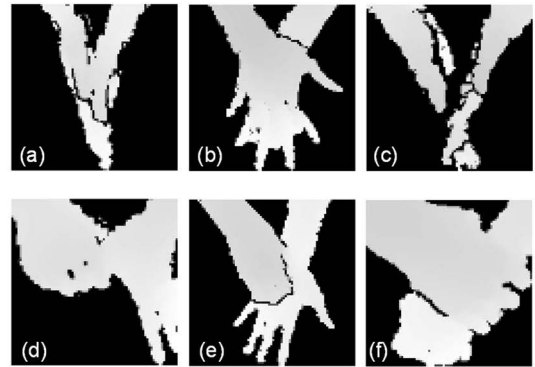


図5 各動作におけるROIの選定結果例  
(背景除去、リサイズ処理後)  
(a)~(f)は図3(a)~(f)の動作に対応

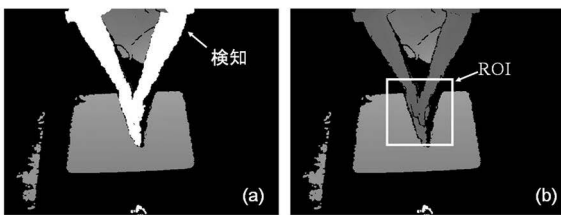


図4 データ処理の例  
(a) 手および腕等の検出、(b) ROIの選定

理を行い、選定したROI領域において、 $D_{max}$ より長い距離の座標はゼロとして背景除去を行った後、 $80 \times 80$ ピクセルにリサイズ (OpenCVのresize関数を利用) した例を図5に示す (グレースケール表示)。同図(a)から(f)より、各1フレームの例示ではあるが、6種の動作に対してROIを選定する部分のシステム動作を概ね確認できた。今後は、複数の被験者による検証実験とともに、データ処理条件の最適化が課題となる。図5(d)については、ROIの画像の右側において手のはみでる場合があった。対応策としては、ROIのサイズを検知領域の最大値等で決定することが考えられる。このような場合を含めたROIの調整と妥当性の判断については、動作識別への

影響を考慮して、次年度に特徴量抽出と併せて総合的に検討する予定である。

#### 4. 結言

手の斜め上部に設置した距離画像センサから取得したデータに対して、手付近のROI選定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ROI選定例を示し、本システムの基本的な動作を確認した。今後は、ROIの画像に対してHOG (Histogram of Gradient)<sup>2,4)</sup>等の特徴量を適用した動作識別や動きの検出に関して検討する予定である。

#### 参考文献

- 1) <https://pr.fujitsu.com/jp/news/2020/05/26.html>
- 2) D. F. Llorca *et al.*: In BMVC Proc. Brit Mach Vision Conference (2007) 213.
- 3) B. Xia *et al.*: Proceedings of the 17th Irish Machine Vision and Image Processing conference (2015) 43.
- 4) <https://www.contec.com/jp/news/2020/2020070900/>
- 5) 佐々木 他, 富山県産業技術研究開発センター研究報告, No34, (2020) 9.

キーワード：距離画像、手洗い、動作、ROI、システム

### Detection of Hand Motions for Work Analysis Using Image Processing

Human Engineering Section; Katsuhiro SASAKI, Akira URAKAMI and Yoshitoshi TSUKAMOTO,  
Mechanics and Digital Engineering Section; Naoki KANAMORI

A data processing system to detect the region around hands was constructed using a depth camera installed diagonally above the hands. In the system, the data processing algorithm to select the ROI for six kinds of hand washing motions was implemented in Python. The examples of the selected ROI were presented, and the fundamental performance of the system was confirmed.