

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*¹ 機械電子研究所 金森直希*²

1. 緒言

現在、WHO(世界保健機関)のガイドライン等に推奨する手洗い手順が示されているが、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管理できる仕組みが求められる。その自動管理に向け、筆者らは、距離画像センサを用いて、手の姿勢と動きを考慮した動作認識を目指した研究を行ってきた^{1,2)}。本報告では、昨年度から新たに着手したシステム³⁾について、手洗い動作におけるポーズの判別と動きの検出に関して検討した。

2. システム

手洗いの自動判定³⁾を含め、近年様々な分野で活用されている深層学習は、一般的に計算負荷が大きいためシステムが高価になる可能性がある。本研究は、安価なシステムを目指し、深層学習を用いない図1の構成とする。手洗いは個人ごとの管理が望ましいと考え、個人ごとに事前にモデルを作成する仕組みを想定している。手の斜め上方に距離画像センサを設置して取得した画像について、手付近の関心領域 ROI(Region of Interest)を選定する。その後、ROI 内の HOG(Histogram of Gradient)特徴量⁴⁾により手洗いのポーズを判別し、腕付近のオプティカルフロー(以下 OF :Optical Flow)に基づいて動きを検出する。これにより、総合的に手洗い動作を認識する。昨年度は ROI の選定を行った²⁾が、本年度は図1の ROI 選定以降について検討した。

3. HOG 特徴量を用いた手洗いポーズの判別

HOG 特徴量は、画像を小さな領域に分割して、その中で勾配(エッジ)の方向をヒストグラムにより表現したものであり、人物検出等の他、手洗いのポーズの判別にも用いられている⁴⁾。HOG 特徴量を導入した本システムの動作確認として、簡易的なポーズ識別実験を行った。図2に示す手洗い方法①から⑥について、擦り合せ動作5回を指示し、平板上で各模擬動作を連続して行ってもらい、距離画像を取得(フレームレート: 30fps)した。この実験を5セット行い、1セット1方法あたり50フレーム分の連続した画像を手動で抽出し、4セットを学習用、残りを評価用として5回の評価を行った。ROI 内の画像を80×80ピクセルにリサイズし、正規化した画像から HOG 特徴量(324次元)を抽出した後、分類器(サポートベクトルマシン)に入力した。HOG は OpenCV を、分類モデルの学習と

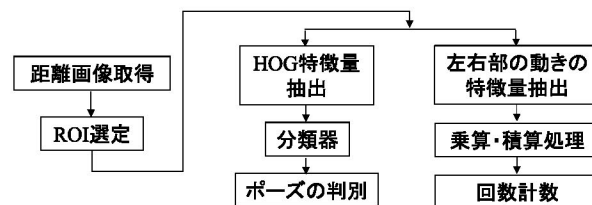


図1 システム



図2 対象とする手洗い方法

評価はPythonのscikit-learnライブラリを用いて実装した。評価の結果、96%以上の正答率が得られた。本実験は、(1)被験者とデータ数が少ない、(2)平板上の模擬動作である、(3)左右の手を組み替えた方法は対象としていないこと等を踏まえ、今後、詳細な識別精度の検証が必要である。

4. オプティカルフローを用いた動きの検出

OF は、時間的に連続する2画像間の差を基にして求める動きベクトルである。左右の腕の動きを OF により検出するため、ROI 選定の際に2値化²⁾した図3(a)の画像を用いる。同図では、手および腕を含む領域が白色で表されている。白色の座標の外側輪郭を抽出するため、x軸方向の走査において、最初に図3(a)の黒色から白色に変化する座標 P_{i0} と、最後に白色から黒色に変化する座標 P_{iN} を求める。この走査を、ROI の y 座標の最小値-1 から-y 軸方向に連続する N 点でも同様に行うことで、OF の算出座標 P_{i0} と P_{iN} ($i=0, 1 \dots N-1$) を定める。各座標で算出した OF (図3(b)の矢印)のy軸方向の平均値は図4(a)ようになる。手洗い方法①のように左右の腕を前後方向に相反して動かす擦り合せ動作においては、図4(a)における2波形が概ね逆の変化になる。この特徴を検出する狙いで、一方の波

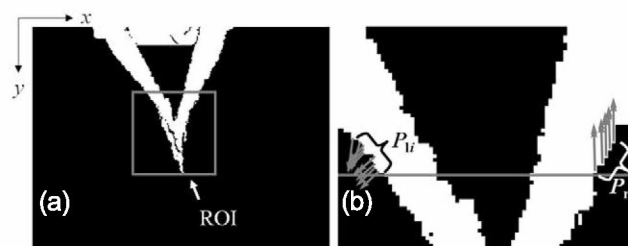


図3 オプティカルフローの例 (手洗い方法①)

(a) 2値化画像、(b) (a)の拡大図におけるOF

*¹ 現 生活工学研究所、*² 現 企画調整課

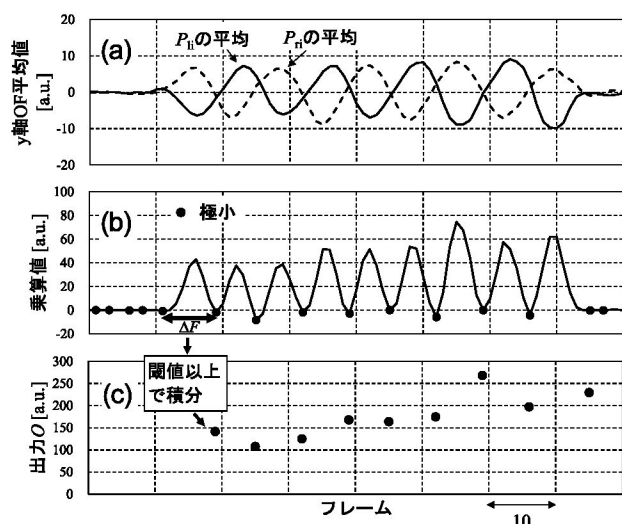


図4 前後方向の擦り合せ回数計数のためのデータ処理

(a) y軸方向のOFの平均値(移動平均処理後)、
(b) 乗算処理後、(c) 積分処理後

形を反転させた波形と他方の波形を乗算すると図4(b)のようになる。同図の波形の極小値(図中の黒丸)を順次求め、隣り合う極小値のフレーム間隔 ΔF が閾値 ΔF_{th} 以上の場合に積分すると、図4(c)のような出力 O となる。この出力について、閾値 O_{th} 以上が2回続いた場合を擦り合せ1回と定義して計数する。OFはOpenCVにより実装し、Lucas-Kanade法を用いた。

手洗い方法①に加え、前後方向の擦り合せ動作を含む方法②と③も評価対象とした。3の実験データに上記の処理を行い、パラメータを検討して $\Delta F_{th}=4$ 、 $O_{th}=4$ とした場合の結果例を図5に示す。5セットの実験の平均計数回数は14回であり、15回(5回擦り合せ指示×3方法)に概ね対応した。回数の差に関して、実験時の動画を確認すると、方法②と③の実際の擦り合せ動作は4回半に見え、これが一要因と考えられる。図5(a)の矢印で示す黒丸は、手洗い方法を変える際の動きに起因するものと推測され、図5(b)よりこれが計数に寄与している。方法が変わる区間の対処

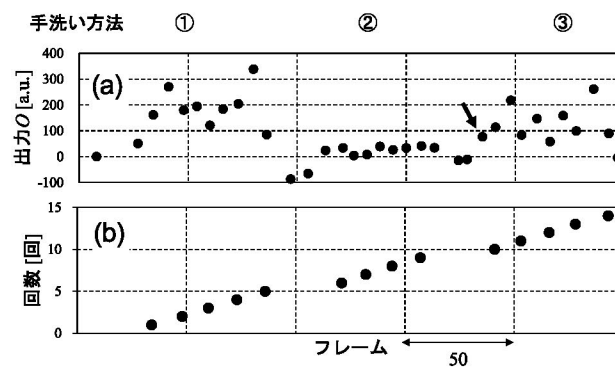


図5 手洗い方法①から③における回数計数の結果例

(a) 出力 O 、(b) 回数

方法は、ポーズの判別も含めて総合的に今後検討することが必要である。

5. 結言

距離画像センサを用いた手洗い動作の認識を目指し、データ処理システムを構築した。HOG特徴量を用いて手洗いのポーズを判別し、OFに基づいて前後の擦り合せ回数を計数するシステムの基礎的な動作を確認した。今後は、前後の擦り合せ以外の動きの検出の検討の後、シンクにおいてデータと被験者の数を増やして、ポーズの判別と計数の精度検証を行うことが課題である。その検証に併せて、手洗い方法や個人ごとに閾値等のパラメータを最適化することが必要と考えている。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 佐々木 他, 富山県産業技術研究開発センター研究報告, No35, (2021) 59.
- 3) <https://pr.fujitsu.com/jp/news/2020/05/26.html>
- 4) B. Xia *et al.*: Proceedings of the 17th Irish Machine Vision and Image Processing conference (2015) 43.

キーワード：距離画像、手洗い、ROI、HOG特徴量、オプティカルフロー

Detection of Hand Motions for Work Analysis Using Image Processing

Human Engineering Section; Katsuhiro SASAKI, Akira URAKAMI and Yoshitoshi TSUKAMOTO*¹,
Mechanics and Digital Engineering Section; Naoki KANAMORI*²

A data processing system to recognize hand washing motions was constructed using a depth camera installed diagonally above the hands. In the system, the six poses of the hand washing technique was recognized using a support vector machine classifier and the HOG features extracted from the ROI. Furthermore, the number of hand rubs in front-back direction was counted with the method based on an optical flow. The fundamental performance of the system was confirmed.