

品質見える化のための画像センシング技術に関する研究開発

—両手検出技術を用いた作業時間計測システムの開発—

松原早苗*、渡辺博己*、生駒晃大*

Research of image sensing technology for visualization of quality
- Development of working motion analysis system using hands detector -
MATSUBARA Sanae*, WATANABE Hiroki* and IKOMA Akihiro*

本研究では、製造業における作業の生産性、品質の向上を目的として、作業者の動作を分析することで、自動で作業時間の計測や作業ミスの検知を行う技術の実現を目指し、研究を進めている。これまでに組立セルにおける両手作業のカイゼン活動を支援するため、距離画像カメラやマーカを用いて両手を検出し、作業を解析するシステムを開発してきた。今年度は、これまでのシステムの汎用性、利便性向上のため、汎用的なカラー画像カメラを用い、マーカなしで両手を検出し、その位置情報を基に作業時間を計測するシステムの試作を行った。

1. はじめに

製造業の生産現場においては、労働者の高齢化や定着率の低下、多品種少量生産の増加に伴い、人による作業の品質、生産性の維持、向上が大きな課題となっている。

この課題の解決のために、製造現場では、作業カイゼンの取り組みが行われている。作業カイゼンの手法の一つとして、インダストリアル・エンジニアリング (IE) と呼ばれる作業者の動作を分析する工学的手法が広く用いられている¹⁾。しかし、最も基礎的で重要なデータである作業者の動作時間の計測は、ストップウォッチやビデオ映像を用いた手作業で行っており、この動作時間データの取得に膨大な時間と手間を要することが、カイゼン活動の普及の妨げとなっている²⁾。

また、「部品を取り付け忘れる」、「締め付け忘れる」といった作業抜け等のミスにより不良品が生産されることで、品質低下や手戻り作業により生産性が低下する課題がある。このようなミスを、可能な限り直近で検知するためには、すべての作業の後に検査工程や検査員を増やす必要があり、その負担は大きく現実的でない。

そこで、本研究では、製造現場における作業映像を解析することで、作業者の動作を分析し、自動で作業時間の計測、作業ミスの検知を行う技術の開発を目指す。今年度は、これまでに開発してきた距離画像カメラやマーカを用いた作業解析システム^{3,4)}の汎用性、利便性向上のため、汎用的なカラー画像カメラを用い、マーカなしで両手位置を検出し、その位置情報を基に作業の動作時間を計測するシステムの試作を行った。

具体的には、組立セルにおける両手作業を対象とし、カラー画像カメラにて取得した画像から両手の位置を検出する。そして、右手、左手それぞれに対して、画像中の特定の領域の通過を判定するエリアを設定し、前エリアの通過時刻から現エリアを通過する時刻までの時間を作業の動作時間として計測するシステムを開発した。

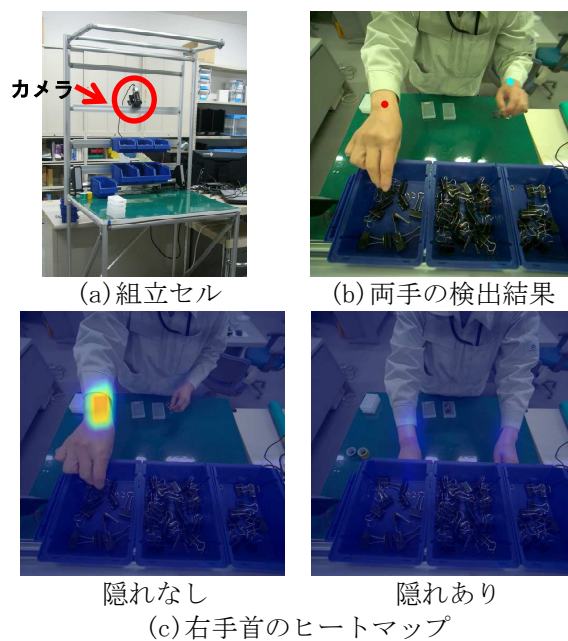


図1 作業環境と両手の検出結果

2. 両手の位置検出

本報告では、作業時の両手の位置を検出するために、姿勢推定手法である PoseNet⁵⁾を用いた。PoseNet とは、人物のカラー画像を入力すると、17 点の骨格座標と、それに付随する信頼度を算出する機械学習の手法である。ここでは、17 点の中の 2 点、右手首、左手首の座標を右手、左手の位置として用いることとした。

実験に用いた組立セルの作業環境を図 1 (a) に示す。カメラは、作業者の動きを妨げないように、作業者から見て正面上部に、作業台上面と作業者の両手動作が入る位置、角度に設置した。取得した画像に対して両手を検出した結果を図 1 (b) に示す。右手を赤、左手を水色の丸で示す。両手の位置が検出できていることがわかる。また、両手首の信頼度をヒートマップで表示したものを図 1 (c) に示す。部品箱や他部位との重なりにより、手が隠れる場合は信頼度が低くなるため、隠れの判断等

* 情報技術部

に用いることができる。

3. 作業動作時間計測システムの開発

製造現場においては、作業の動作の内容と順序が、作業手順書により定められている。治具から部品箱へ「手を延ばす」動作の場合、手は、始点である治具の位置から終点となる部品箱の位置までを移動する。治具や部品箱が固定されている組立セルにおいては、作業手順書により手の移動するルートが決まる。そこで、本研究では、作業手順書に従い、あらかじめ計測したい動作の始点と終点の位置とその通過順序を設定し、2章により得られる手の位置がその設定位置を通過した時刻から、次の設定位置を通過する時刻までの時間を動作時間として計測する。

具体的には、まず、手が通過すべき点、つまり、作業を構成する動作の始点と終点の位置を、作業の開始から終了までに対して決定する。次に通過する順序、そして、各点に対して通過の判定を行う通過判定エリアを設定する。この通過判定エリアは、部品箱の大きさや組立品の大きさにより異なるため、通過判定エリアのサイズや形を個々に設定する。右手、左手それぞれに対して、通過判定エリアを設定する。

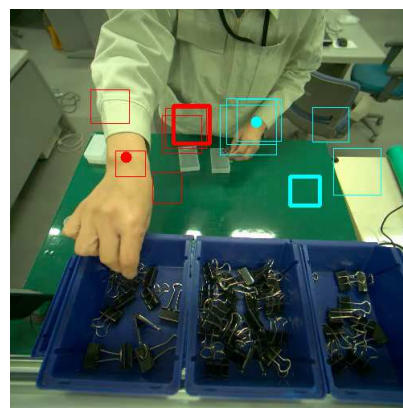
取得される手の位置が1番の通過判定エリアを通過した時点、作業の開始とし時刻の計測を開始する。次に、手の位置が、2番目の通過判定エリアを通過するまで通過の判定を行い、通過時に時刻を取得し、前エリアの通過時刻からの時間を動作時間として出力する。最後 n 番目の通過判定エリアまで通過の判定を繰り返す。この処理を右手、左手に対して行う。

図2に試作した作業時間計測システムの表示画面を示す。図2(a)に示す矩形枠が通過判定エリアである。また、図2(b)は、右手、左手それぞれの動きの軌跡の表示結果を示す。図3に、計測した動作時間のグラフ画面を示す。これは、右手、左手それぞれに、通過判定エリア6つを配置し、5つの動作に対して時間計測を行った例である。右手、左手それぞれに動作時間が計測できていることがわかる。

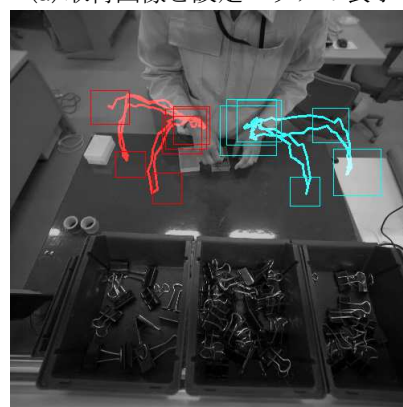
4. まとめ

本報告では、製造現場の組立セルにおける両手作業のカイゼン活動を支援するため、汎用的なカラー画像カメラを用いて両手の位置を検出し、作業の動作時間を計測するシステムを構築した。まず、姿勢推定手法である PoseNet を用いて両手の位置を検出した。そして、右手、左手それぞれに対して、通過を判定するエリアを設定し、前エリアの通過時刻から現エリアを通過するまでの時間を、作業の動作時間として計測する技術を開発した。

今後は、製造現場での作業映像に対してシステムの実験を行い、その有効性を検証する。また、長時間の動作データの分析と、リアルタイムに作業ミスを検知するポカヨケへの展開を検討する。



(a) 取得画像と設定エリアの表示



(b) 軌跡の表示

図2 試作した作業時間計測システムの表示画面

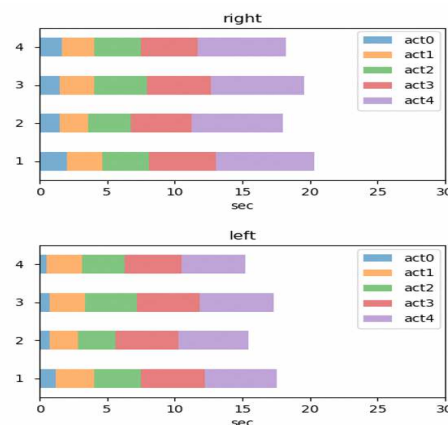


図3 作業時間グラフ画面 (上：右手、下：左手)

【参考文献】

- 1) 藤田彰久, IE の基礎, 建帛社, 1997
- 2) 平野裕之, 新作業研究, 日刊工業新聞社, 2001
- 3) 松原ら, 岐阜県情報技術研究所研究報告 Vol.18, pp.24-29, 2017
- 4) 渡辺ら, 岐阜県情報技術研究所研究報告 Vol.19, pp.41-46, 2018
- 5) Papandreou et al., “PersonLab: Person Pose Estimation and Instance Segmentation with a Bottom-Up, Part-Based, Geometric Embedding Model”, ECCV, 2018