

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 17 日現在

機関番号：32612

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12464

研究課題名(和文)作業ミス低減に向けた画像解析を用いた工程管理に関する研究

研究課題名(英文)A study on process control using image analysis to reduce work error

研究代表者

志田 敬介(Shida, Keisuke)

慶應義塾大学・理工学部(矢上)・准教授

研究者番号：40365028

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：工場において作業内容を正しく推定することにより、部品の取付順序や取付位置の誤り、さらには部品の取付忘れなどといった作業ミスに対して、適切に作業員へ警告し、作業ミスを低減させる管理システムの開発を目指している。特に本研究では、作業を撮影するカメラ位置について2つの検討している。ひとつは、カメラを天井に設置し、その画像を解析することで作業内容を推定し、もうひとつは、作業員にウェアラブルカメラを装着し、その画像を解析することで作業内容を推定した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to reduce a work error such as an error in the assembly order of parts, a forgetting to install the parts. In particular, in this research, we examined the camera position to capture the work in two ways. One is estimating work contents by installing the camera on the ceiling and analyzing the image. The other is estimating work contents by the wearable camera and analyzing the image.

研究分野：インダストリアル・エンジニアリング

キーワード：工程管理 作業ミス 画像解析

1. 研究開始当初の背景

作業ミスが発生すると、作業者の技能不足、習熟不足として、作業者教育の徹底を目指す企業は少なくない。教育を強化することで、若干の作業ミスは低減するであろうが、根本的な対策とはならない。しかも、近年の製造業の環境変化は大きく、作業の請負化や熟練作業者の定年退職、更には、企業のグローバル化に伴う現地生産の増加は、作業者教育のみで作業ミスの低減を目指すことを難しくしている。実際に、我が国の産業を代表する車産業においてもリコール件数は、年々増加しており、このような作業ミスへの対応について研究的な側面での検討が必要な状況にある。

2. 研究の目的

我々は、これまでの研究を通じて、作業者の周囲にカメラを設置し、画像解析によって作業内容を推定する研究に取り組んできた。この研究を通じて、適切にカメラを設置し、作業者を撮影できれば、作業内容を正しく推定し、作業ミス（部品の取付順序の誤りや取付忘れなど）が発生した際、適切に警告することが可能となった。

その一方で、作業者の周囲にカメラを設置するスペースが取れない場合には解析ができないという問題や生産機種に変更が生じると、それに応じてカメラ位置や設定を変える必要があり、そのキャリブレーションに時間が掛かるという課題が残された。

そこで、これらのカメラ位置に関する課題を解決するため、2つ方法について検討する。ひとつは、カメラを天井に固定的に設置し、その画像を解析することで作業内容を推定する方法について検討する。他方は、作業者にウェアラブルカメラを装着させ、その画像を解析することで作業内容の推定する方法について検討することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 天井に設置したカメラ画像の解析

本検討では、加工食品会社 A 社の工場内の壁や天井に設置されたカメラ映像を用いて、倉庫内のフォークリフトによる原料の入出庫作業を解析対象とした。このエリアには、4カ所の入出庫場があり、自動倉庫への原料入庫と工程への原料出庫が行われている。これらのカメラは、本来、フードディフェンス用に設置されたカメラで、この映像を用いて、作業内容を推定し、その結果を用いて運搬工程における改善点を抽出するシステム開発を行った。具体的には、このエリアにおいてフォークリフトによる原材料の入出庫が「いつ」、「どこで」行われたか解析する。また、機械学習を用いて、フォークリフトが荷物を搬送しているか空荷か（以後、フォークリフトの状態と呼ぶ）を判定し、フォークリフトの稼働状態を推定し、その稼働率を上げるための方策を提案するシステムとなる。

(2) ウェアラブルカメラ画像の解析

本検討では、ウェアラブルカメラの画像から作業位置を推定する方法について検討している。

具体的には、図1に示すカート型玩具の組立作業を対象に、体格の異なる4名の作業者にウェアラブルカメラを装着し、3台のカートを作成する過程において作業位置の推定を行った。

まず、カメラで撮影された画像を HSV 色空間の画像に変換し、カート型玩具の部品の青、黄、黒の3色を抽出する。この3色の相対的な位置関係からカメラの位置及び作業位置の推定を試みた。



図1. カート型玩具

本検討では、カートのハンドル、シート、4つのタイヤの取り付け作業（合計6作業）を対象作業とした。

図2は、これらの作業の中でハンドルの取り付け作業中のウェアラブル画像である。この図の通り、上述した3色の相対的な位置関係からハンドルを取り付けるべき位置を推定し、WorkPoint として示している。また、この位置に、正しくハンドルが取り付けられたかを推定する。

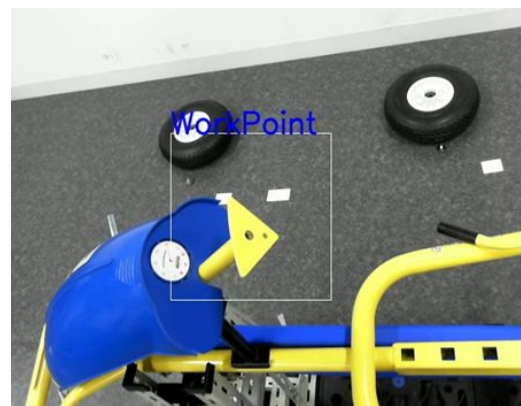


図2. 作業位置の推定

4. 研究成果

(1) 天井に設置したカメラ画像の解析結果

フォークリフトが行う入出庫作業の検出精度は、98.74%という結果になった。また、フォークリフトの状態について機械学習を用いて推定した精度は、90.80%との結果が得られた。

この実験で得られたデータを基に倉庫内で行われる入出庫作業について、生産性を低下させる原因について解析した。具体的には、フォークリフトを操作する作業者が出庫指示を受けてから実際に作業が行われるまでに要した時間が生産性を評価するひとつの指標となることから、その時間を画像解析から計測した。その結果、全 169 回の出庫作業において、出庫指示を受けてから実際に出庫されるまでに要した時間の平均とバラツキを表 1 に示す。

表 1 作業命令時刻と作業時刻の差

入出庫場所	作業回数	平均	標準偏差
1	57	1分16秒	17秒
2	47	1分13秒	17秒
3	41	1分16秒	19秒
4	24	1分16秒	17秒
合計	169	1分15秒	17秒

この結果より入出庫場所の相違によって入出庫に掛る時間に差異は、ほとんどないことが分かる。そこで、全出庫作業の合計の平均±標準偏差の範囲に含まれなかった出庫作業を抽出し、その要因について考察した。その結果、作業指示を受けた時刻と作業を開始した時刻の差が1分32秒よりも大きかった出庫作業は全41回であった。それぞれの出庫作業において差が大きくなった要因を分類し、まとめると図3のようになる。この結果を用いて、出庫に時間を要した作業に対して、その遅れの原因を解析し、提案することが可能となった。

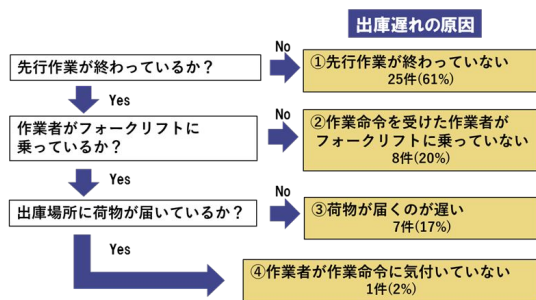


図 3 . 出庫遅れの要因分析の結果

(2) ウェラブルカメラ画像の解析結果

作業位置別に、各作業者の作業推定結果を図4に示す。その結果、右前輪を除き、比較的高い精度の推定結果が得られた。

そこで、右前輪において推定を誤った場合の例を図5に示す。車輪の作業点は、白色領域(白ホイール部分)の重心を採用している。しかし、図5のように白色領域の検出に失敗

し、誤った位置を作業点と推定することが右前輪において顕著に発生した。これは、右前輪の作業では、被験者の手の置き方、姿勢や体型によって、蛍光灯からの光の当たり方が変わる。その影響を受けやすかった右前輪では、白色領域の検出が失敗し、作業点の抽出精度が低下する要因となった。

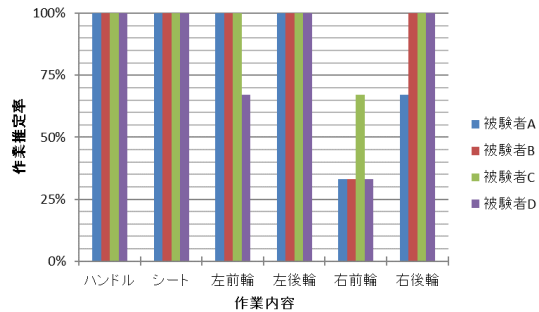


図 4 . 作業位置の推定



図 5 . 作業位置の推定

さらに、図6に作業VTRを目視で作業分析した場合と本システムで作業分析した場合とを比較した結果を示す。

図6は、4名の作業者の中の1名を示したもので、他の3名に関しても同様の傾向を示した。X軸に作業内容を取付順に並べ、Y軸は各作業を実施した開始からの時間を示している。その結果、本システムを用いた解析では、目視で人間が作業解析した場合と同様のタイミングで作業を分析していることがわかる。

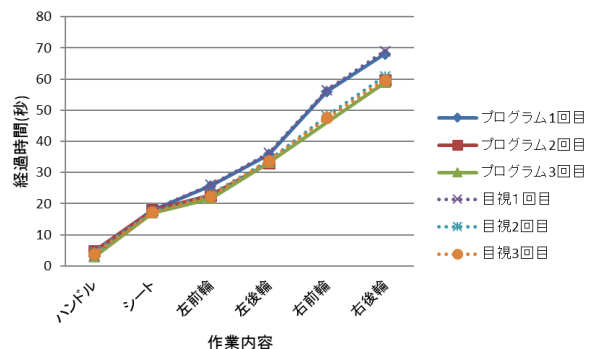


図 6 . 作業位置の推定

5 . 主な発表論文等

6 . 研究組織

(1)研究代表者

志田 敬介 (SHIDA Keisuke)

慶應義塾大学・理工学部・准教授

研究者番号：40365028