

製品の状態推定と作業箇所推定に基づく工程作業認識

吉井 崇哲[†] 大島 宏友[†] 白川 悠太[†]
 西村 圭介[†] 蚊戸 健浩[†] 前川 卓也[‡] 浪岡 保男[†]
 株式会社東芝 生産技術センター[†]
 大阪大学大学院 情報科学研究科[‡]

1. はじめに

製造現場の情報を自動的に取得・分析するスマートファクトリー化が進んでいる。作業者の動作から作業時間の違いを自動計測できれば低コストで改善点が明確になり、作業者の早期育成による生産性の向上が期待できる。作業工程を分析し、作業時間を自動計測する技術は、数十秒から数分程度の作業であれば高精度な解析手法はあるものの、十数分から数十分またはそれ以上におよぶ作業になると要素作業の自動抽出を適切に行っている事例は見当たらない。

そこで、時間の経過とともに外観が変化し、ターンテーブル上で製品を回転させながら組立を行う製品を対象とし、製品と作業者の情報を組み合わせる検討を行った。本稿では、組立工程の映像から推定した作業箇所と製品状態の情報を作業者の姿勢情報に加えて用いることで、作業工程の要素作業を抽出し、作業時間を自動計測する手法を提案する。

2. 関連研究

これまでも作業工程を要素作業ごとに時間計測する分析手法が提案されている[1][2]。これらの手法では、作業者が身に着けたウェアラブルセンサの加速度情報や作業映像から抽出した姿勢情報の時系列データから要素作業を抽出し、作業員や作業サイクル毎に作業時間を自動的に計測している。しかし、セル生産方式のように

見かけ上類似の動作が繰り返し行われるような工程では、作業者の動きや位置の情報のみでは適切な要素作業抽出が困難となる懸念があった。

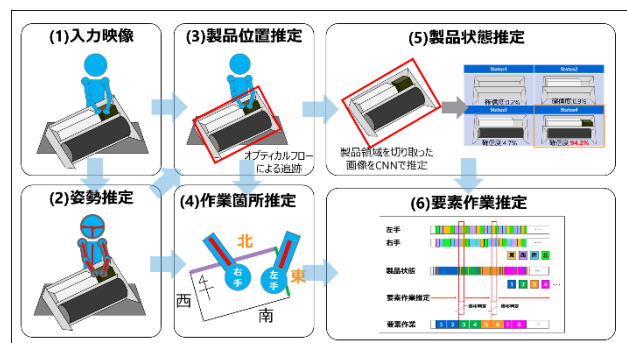


図1 提案手法の流れ

3. 提案手法

3.1 概要

提案手法(図1)は以下の手順により構成される。

- (1)映像取得：作業者を上から見下ろす位置にカメラを設置し作業映像を取得する。
- (2)姿勢推定：映像から姿勢推定により骨格情報を得る。
- (3)製品位置推定：オプティカルフローを用いて映像内の変化する領域を求め、骨格情報から作業者の領域をマスクし、製品の位置を推定する[3]。
- (4)作業箇所推定：姿勢推定と製品位置推定から作業者の手が製品のどこに触っているかを推定する[3]。本稿の例では製品の作業領域を“東・西・南・北”の4か所に分け、左右の手ごとに、作業箇所の情報を得る。
- (5)製品状態推定：製品位置推定で得られた領域にある製品の状態を機械学習で求める[4]。
- (6)要素作業推定：作業箇所推定と製品状態推定のデータから工程の各要素作業の時間を推定する。

Human activity recognition in factory based on estimation of product state and human-object interaction area.

SHIRAKAWA Yuta[†], OSHIMA Hirotomof[†], YOSHII Takanori[†], NISHIMURA Keisuke[†], KATO Takehiro[†], MAEKAWA Takuya[‡], NAMIOKA Yasuo[†]

[†] Toshiba Corporation, Corporate Manufacturing Engineering Center
[‡] Osaka University, Graduate School of Information Science and Technology

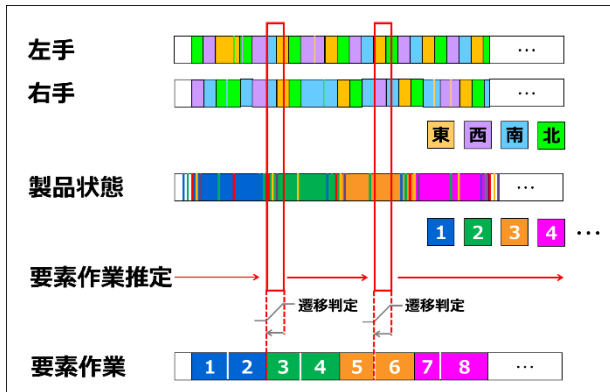


図2 要素作業の推定手順

3.2 要素作業推定

作業箇所推定や製品状態推定には誤判定が含まれるので、要素作業の特定は単純なルールでは求められない。上の誤判定を許容するため、要素作業の推定は以下の手順により行う(図2)。

- (a) **要素作業モデルの設定**：条件分岐を含む順序と標準時間の情報を持つ状態遷移モデルを用いて要素作業モデルを定義する。ここで、1つの要素作業を判定するための基本的な条件は、製品状態とこの状態の製品に対する左右の手の作業箇所により定義する。
- (b) **要素作業推定**：スライディングウィンドウを設定して判定する。スライディングウィンドウの時間方向の長さは次の要素作業の標準時間に応じて動的に設定される。
- (c) **遷移時刻の調整**：要素作業推定で得られた状態遷移時刻には判定に用いたスライドウィンドウの長さ程度の時間遅れがあるため、その長さ分だけ前にずらして遷移時刻とする。

4. 実験と評価

分析対象と実験データ：提案手法の性能を評価するため、製造現場の実作業において、10分程度の作業工程を対象とし、14の要素作業からなる要素作業モデルを設定した。4つの作業映像データを用いて実験を行い、要素作業推定の処理を行い、真の要素作業時間と推定した要素作業時間を比較した。

評価指標：提案手法の評価に当たり、映像から

真の要素作業時間を求めておく。真の要素作業時間に対して要素作業推定の時間精度は、それぞれの要素作業ごとに TP(True Positive)を求め、1サイクル内に TP が占める割合とした。

表1 要素作業推定の精度

作業映像データ	1	2	3	4	平均
再現率	78.4	74.7	84.6	79.9	79.4
適合率	81.7	80.5	86.7	81.4	82.6
F値	76.7	75.2	83.8	78.7	78.6
精度	86.0	88.7	86.9	86.1	86.9

単位：[%]

実験結果：作業映像に対し、提案手法を適用した結果を表1に示す。14の要素作業ごとに精度を計算し、4つの作業映像データの平均精度は86.9%であった。真の要素作業と要素作業推定の状態遷移箇所を時間で比較すると、平均して5秒程度のずれであり作業分析に十分な精度が得られた。

5. まとめ

組立工程の作業情報の自動的な取得に向け、姿勢推定と作業箇所推定と製品状態推定を用いて要素作業を抽出する技術を提案した。提案手法を分析が困難であったセル生産方式の工程に適用し、要素作業の抽出精度として、平均して86%を上回る計測精度が得られた。今後は、実験データを増やし、より詳細かつ高精度な作業情報の抽出を目指す。

参考文献

- [1] Xia Qingxin, et al. "Robust Unsupervised Factory Activity Recognition with Body-worn Accelerometer Using Temporal Structure of Multiple Sensor Data Motifs,"in Wearable Ubiquitous Technol, 2020.
- [2] 浪岡保男, 前川卓也. 製造現場でのモノづくり CPS の構築に寄与する作業情報の自動抽出手法. 東芝レビュー. 2021, 76, 1, p.28-31.
- [3] 白川悠太他, "人物姿勢推定および密なオプティカルフローに基づく作業箇所推定", 情報処理学会第84回全国大会, (出版予定) .
- [4] 大島宏友他, "深層学習を用いた製品状態の推定に基づく作業進捗の自動抽出", 日本機械学会生産システム部門研究発表講演会 2022, (出版予定) .