

骨格情報を用いた生産現場における作業行動分析手法

清水 尚吾[†] 草野 勝大[†] 小平 孝之[†] 新井 士人[†] 奥村 誠司[†]

三菱電機株式会社 情報技術総合研究所[†]

1. 背景

生産性改善活動ではボトルネック工程を特定するため、工程ごとに生産性評価を行う。主な評価項目として、作業時間や異常作業発生件数がある。作業時間は、“ねじ締め”や“部品取り”といった作業要素の単位での計測が行われ、異常作業は、品質問題につながる作業抜けや作業誤りが対象となる。これまで、現場監督者が作業時間や異常作業発生状況を目視確認していたが、確認が長時間に及ぶことが課題となっていた。

2. 従来手法

高橋ら[1]や渡辺ら[2][3]は、Kinectなどで抽出した骨格情報をもとに、作業者の手先が所定の判定領域を通過したタイミングや順序から、作業時間計測や異常作業検知を行う作業行動分析手法を開発している。これにより生産性評価の自動化が可能となったが、作業内容を熟知したユーザが作業要素ごとに判定領域を設定する必要があるという課題がある。

3. 提案手法

判定領域の設定が不要な作業行動分析手法「骨紋*」を提案する。本手法では、作業者の骨格情報から作業内容を直接推定するよう学習したニューラルネットワークを用いる。ユーザは事前準備として、作業映像へのラベル付けのみを行えばよく、従来必要であった判定領域の設定は不要となる。

本手法の構成は、図1に示す通りである。作業映像から抽出した骨格情報をもとに作業要素を推論し、誤り訂正を行うことで作業時間計測と作業抜け検知を行う。

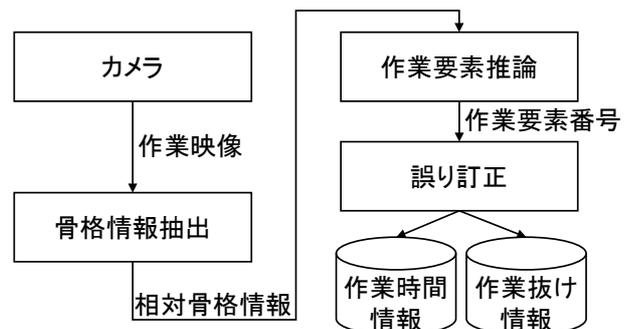


図1. 提案手法「骨紋*」の構成

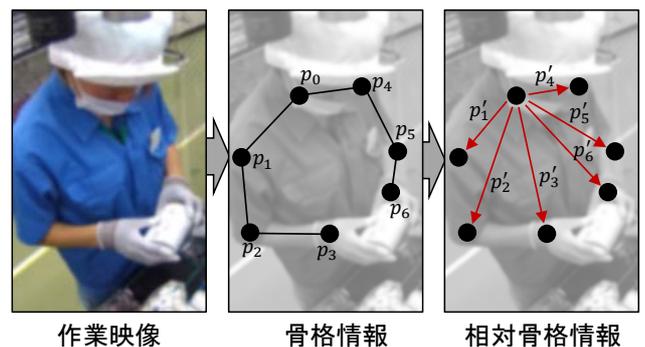


図2. 相対骨格情報抽出

3. 1 骨格情報抽出

作業映像から対象作業者の骨格情報 \mathbf{P} を抽出後(式1), 立ち位置の影響を排除するため, 式2に従い相対骨格情報 \mathbf{P}' を計算する。(図2)

$$\mathbf{P} = \{p_0, p_1, \dots, p_6\} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{P}' &= \{p'_1, p'_2, \dots, p'_6\} \\ &= \{p_1 - p_0, p_2 - p_0, \dots, p_6 - p_0\} \end{aligned} \quad (2)$$

3. 2 作業要素推論

相対骨格情報 \mathbf{P}' と作業要素ラベルの対応をあらかじめ学習させたニューラルネットワークを用いて, 相対骨格情報 \mathbf{P}' から作業要素を推論する。

“Worker Behavior Analysis Method using Skeleton Information at the Production Site.”

Shogo SHIMIZU[†], Katsuhiko KUSANO[†], Takayuki KODAIRA[†], Akito ARAI[†], Seiji OKUMURA[†]
[†]Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

* 商標「骨紋」 / 「KOTSUMON」 出願中

3. 3 誤り訂正

作業要素番号の時系列にビタビアルゴリズムを適用することで推論誤り訂正を行い、最尤な作業を推定する。ビタビアルゴリズム適用時に必要となる遷移確率及び信号出力確率は、ニューラルネットワーク学習時に得られる混合行列を利用する。

4. 実験

当社工場の製品組立工程で撮影した作業映像を用いて実験を行った。実験条件を表1に示す。

表2に示した作業要素時間推定結果より、推定誤差が0.5秒、推定精度が93.0%であった。また、図3に示した実験結果から、18,800フレーム付近で発生している作業要素番号8の作業抜けを正しく検知していることが分かる。

表3に示した評価用作業映像の分析時間の比較結果からは、目視確認と比較して12倍の高速化効果が得られたことが分かる。

表1. 実験条件

項目	内容
撮影解像度	1920×1080(FullHD)
フレームレート	30fps
平均作業時間	約80秒
使用した作業データ	(学習)作業13回分 (評価)作業15回分
評価用作業映像の長さ	0:21:28
PC環境 (OS/CPU/MEMORY)	Windows®10/ Core™i5-6500/8.00GB

表2. 実験結果（作業要素時間推定結果）

作業要素番号	作業要素内容	作業要素時間(平均値)	
		誤差[秒]	精度
0	ラベル貼り付け	0.2	98.0%
1	部品取り付け	0.3	95.7%
2	シート貼り付け	0.4	93.6%
3	基板接続	0.3	93.5%
4	基板取り付け	0.3	96.6%
5	シート貼り付け	0.9	85.0%
6	金具取り付け	1.4	93.0%
7	カバー取り付け	0.7	87.5%
8	カバーねじ締め	0.3	92.9%
9	外観確認	0.4	94.1%
全体平均		0.5	93.0%

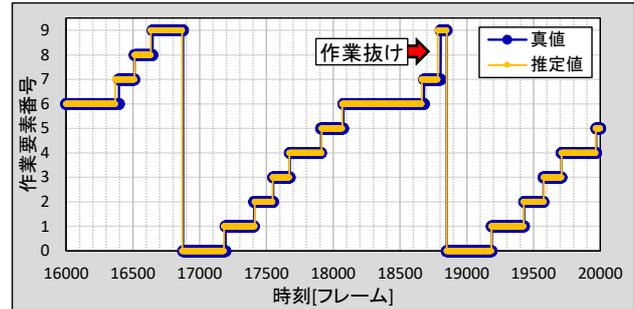


図3. 実験結果（作業抜け検知結果）

表3. 分析時間の比較結果

目視確認	提案手法	速度比
約2時間	約10分	1/12

5. まとめと今後の展望

目視確認の手間低減を目的として、骨格情報を用いた生産現場における作業行動分析手法を提案した。精度検証の結果、90%以上の精度で作業時間推定が可能で、かつ正しく作業抜けを検知できることを確認した。また、分析に要した時間は従来比1/12であり、生産性評価における手間低減の効果を確認した。

今後は、別の作業工程の映像を用いて汎用性を評価していく他、作業誤り検知手法の開発に取り組む。

参考文献

- [1] 高橋健太, 佐藤永欣, 高山毅, 村田嘉利, “Kinectを用いたピッキング作業モニタリングシステム”, 岩手県立大学ソフトウェア情報学科, 情報処理学会第75回全国大会, pp. 587-588, 2013.
- [2] 松原早苗, 渡辺博己, 曾賀野健一, 棚橋英樹, “距離画像を用いた両手作業の動作解析システムの開発”, 岐阜県情報技術研究所研究報告 第18号, pp. 24-29, 2016.
- [3] 渡辺博己, 生駒晃大, 棚橋英樹, “Kinectを用いた作業分析システムの開発”, 岐阜県情報技術研究所研究報告 第19号, pp. 41-46, 2017.