OpenPoseによる作業姿勢画像における撮影方向の推定

○肥田 拓哉, 林 実希, 松本 俊之 (青山学院大学理工学部)

Estimation of the Recording Direction in Work Posture Image using OpenPose

Takuya HIDA, Miki HAYASHI, Toshiyuki MATSUMOTO

(Aoyama Gakuin University, College of Science and Engineering)

1. はじめに

生産現場における人手による作業では、作業者が不良姿勢をとることによって引き起こされる筋骨格系障害が問題となっている。そのため、作業姿勢の簡易評価法の考案や評価支援システムの開発が求められている。

先行研究¹⁾では、作業姿勢評価法であるOWAS²⁾に基づいた作業姿勢画像のデジタイズと機械学習による作業姿勢評価支援方法を考案した。しかし、この方法では画像中の作業者が撮影された方向（以下、撮影方向）を手動で入力する必要があるため、利用者の負担になるとともに、利用者による撮影方向の入力に違いが生じる可能性がある。

そこで本研究では、従来の作業姿勢評価支援方法における撮影方向を自動的に取得することを目的とし、先行研究と同等の姿勢コードの判別精度およびAC一致率を実現する。

2. 作業姿勢評価支援方法の概要

先行研究の方法では、作業姿勢画像の2次元関節座標を特徴量として、SVMにより機械学習モデルを作成した。作成された機械学習モデルは、撮影方向に依存しない「全方向モデル」と撮影方向を8方向の中から手動で選択する「1方向モデル」である。これに関節のデジタイズ座標を入力することで、OWASに基づく姿勢コードを判別できる。それぞれのモデルにおける姿勢コードの判別精度とそのときのAC一致率を表1に示す。表1より、「全方向モデル」は「1方向モデル」と比べて、背部姿勢コードの判別精度が約8%低く、この影響によりAC一致率が約3%低くなったと考えられる。

表1 先行研究における判別精度

モデル	背部	上肢	下肢	AC
全方向	78.8%	97.2%	80.4%	81.6%
1方向	86.8%	96.4%	79.2%	84.8%

3. 撮影方向の推定方法

3.1 姿勢推定技術の選定

姿勢推定技術と機械学習を用いることで撮影方向を推定する方法を考案する。実際の生産現場での利用を想定し、過去に撮影した動画画像から身体情報の取得が可能な方法が望ましい。そこで、この要件を満たした上で、検出できる特徴点が多い姿勢推定ライブラリであるOpenPose³⁾を採用した。

3.2 OpenPoseによる2次元座標と信頼度の取得

OpenPoseにより作業姿勢画像から特徴点25か所におけるx座標とy座標およびそれらに対する信頼度（0～1）を取得した。使用した作業姿勢画像は、先行研究¹⁾により撮影された動画から取得した静止画である。画像はOWASに基づく60姿勢（背部4水準、上肢3水準、下肢5水準）×8方向からの撮影×被験者10名分の計4800枚である。

座標が取得できずに信頼度が0となった割合である欠損率を表2に示す。部位別の欠損率は、顔（鼻、左右の目と耳）で高く、右半身と左半身で低かった。撮影方向別では、顔においては後ろ方向、右半身においては左後ろ方向、左半身においては右方向に近いほど欠損率が高い傾向がみられた。以上より、撮影方向による欠損率の傾向に特徴があったため、信頼度を用いることで撮影方向の推定が可能であることが示唆された。

表2 撮影方向別における各部位の欠損率

部位	左前	左	左後	後	右後	右	右前	前
顔	21.7%	32.1%	40.3%	50.2%	38.0%	36.1%	25.3%	12.7%
右半身	1.8%	4.4%	5.9%	5.0%	1.5%	0.8%	0.6%	1.9%
左半身	0.2%	1.0%	2.1%	4.6%	4.1%	4.8%	1.9%	1.9%

3.3 OpenPoseを用いた撮影方向の推定

OpenPoseにより取得したx座標とy座標およびそれらに対する信頼度（計75個の特徴量）を用いて、SVMにより撮影方向の推定を実施した。撮影方向別の推定結果を表3に示す。撮影方向の推定精度の平均（黒色セル）は84.9%であった。ま

た、正解の撮影方向に対して両隣の撮影方向であると誤推定した割合（灰色セル）は、誤推定のうち約9割であることが明らかになった。

表3 撮影方向の推定結果

		推定された撮影方向							
		左前	左	左後	後	右後	右	右前	前
正解の撮影方向	左前	86.5%	8.0%	0.7%	0.2%	0.0%	0.2%	0.3%	4.2%
	左	8.8%	80.8%	8.5%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%
	左後	1.7%	10.8%	81.3%	5.7%	0.3%	0.2%	0.0%	0.0%
	後	0.0%	0.2%	4.8%	88.3%	5.7%	0.5%	0.0%	0.5%
	右後	0.0%	0.3%	1.0%	8.2%	80.3%	8.7%	1.5%	0.0%
	右	0.2%	0.0%	0.2%	0.3%	9.8%	85.7%	3.3%	0.5%
	右前	0.2%	0.2%	0.0%	0.0%	2.0%	3.2%	87.8%	6.7%
	前	4.0%	0.5%	0.2%	0.2%	0.2%	0.8%	6.0%	88.2%

4. 作業姿勢評価支援方法への適用

4.1 推定した撮影方向による姿勢の判別

先行研究で提案された「1方向モデル」に対して、OpenPoseで推定した撮影方向を適用した（以下、方向推定1方向モデル）。その結果を表4に示す。表4より、方向推定1方向モデルは、先行研究で提案された撮影方向に依存しない「全方向モデル」と同等の判別精度であるといえる。よって、次節で機械学習モデルの改良を実施する。

表4 方向推定1方向モデルにおける判別精度

モデル	背部	上肢	下肢	AC
方向推定1方向	79.8%	95.8%	77.2%	81.8%

4.2 機械学習モデルの改良

表3より、撮影方向の誤推定はほとんどの場合、正解の撮影方向に対して両隣の撮影方向であることが明らかになっている。そこで、正解の撮影方向と両隣の撮影方向を含む3方向の2次元関節座標を特徴量とした機械学習モデルを作成した。そして、その機械学習モデルに対してOpenPoseにより推定した撮影方向を適用した（以下、方向推定3方向モデル）。その結果を表5に示す。表4と表5の比較より、方向推定3方向モデルは方向推定1方向モデルに対して姿勢コードの判別精度が1.0%～2.5%向上し、ACの一致率は0.8%向上した。

表5 方向推定3方向モデルにおける判別精度

モデル	背部	上肢	下肢	AC
方向推定3方向	81.0%	96.8%	79.7%	82.6%

4.3 機械学習モデルにおけるAC一致率の比較

先行研究で提案された「全方向モデル」「1方向モデル」および本研究で作成した「方向推定1方向モデル」「方向推定3方向モデル」におけるAC一致率を比較するために、これらに対して多重比較検定（Bonferroni法）を実施した。なお、有意水準は5%とした。その結果を表6に示す。

先行研究の「1方向モデル」に対するAC一致率は、「全方向モデル」と「方向推定1方向モデル」では有意に低く、「方向推定3方向モデル」では有意差がなかった。つまり、OpenPoseにより推定した撮影方向を「方向推定3方向モデル」に適用することで、撮影方向を入力せずに先行研究の「1方向モデル」と同等のAC一致率となった。

表6 多重比較検定の結果

因子1	因子2	P値	判定
	全方向モデル	0.0026	*
1方向モデル	方向推定1方向モデル	0.0054	*
	方向推定3方向モデル	0.0748	N.S.

*：有意差あり

N.S.：有意差なし

5. 結論と今後の課題

本研究ではOpenPoseによる撮影方向の推定方法を考案し、撮影方向を自動的に取得した。そして、これを本研究で作成した「方向推定3方向モデル」に適用することで、先行研究と同等の姿勢コードの判別精度およびAC一致率を実現した。

今後の課題は、作業姿勢画像からの2次元関節座標の自動取得による、先行研究における作業姿勢評価支援方法の自動化である。

謝辞：本研究はJSPS科研費20K14994の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) Okada, Hida and Matsumoto: “Development of a Simplified OWAS Evaluation System using Work Posture Image”, *APIEMS 2018*, Paper ID 88, 2018.
- 2) Karhu, Kansu and Kuorinka: “Correcting Working Postures in Industry: A Practical Method or Analysis”, *Appl. Ergon.*, 8(4), pp. 199-201, 1977.
- 3) Cao et al.: “Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields”, *CVPR 2017*, pp. 7291-7299, 2017.