慣性計測装置を用いたOWASに基づく姿勢の判別

○肥田 拓哉, 遠藤 晴香, 松本 俊之 (青山学院大学理工学部)

Discrimination of Posture Based on OWAS using Inertial Measurement Unit

Takuya HIDA, Haruka ENDO, Toshiyuki MATSUMOTO

(Aoyama Gakuin University, College of Science and Engineering)

1. はじめに

人手による組立作業では、不良姿勢の繰り返しや維持による筋骨格系障害が問題となっている。これを予防するためには、現状の作業姿勢の評価に基づく作業の再設計が必要である。

作業姿勢の評価にはOWAS (Ovako Working posture Analysing System) が利用されているが、知識や技術が必要であり、時間がかかるという課題がある。そのため、OWASを簡便に利用するための方法¹⁾²⁾が考案されているが、利便性と高い評価精度を実現した方法はない。また、OWASに依らない作業姿勢の評価に関して、慣性計測装置を用いた方法³⁾⁴⁾が提案されている。

そこで、本研究では利便性と評価精度の両方を向上させるために、慣性計測装置を用いてOWASに基づく作業姿勢の判別方法を考案することを目的とした。

2. OWASに基づく姿勢の判別方法

本研究では、慣性計測装置を作業者に装着し、その計測値から背部と下肢の姿勢をOWASに基づいて判別する方法を提案する。これを実現するために、①被験者実験による作業姿勢データの取得、②姿勢を判別する機械学習モデルの作成、③判別精度の検証を実施する。

①では、作業着の胸ポケットに慣性計測装置を装着して、OWASに基づく姿勢におけるデータを取得する。②では、①の計測値を用いて、k近傍法により機械学習モデルを作成する。③では、作成した機械学習モデルに対して、被験者を標本群とするleave-one-out交差検証を実施し、本提案法の判別精度を確認する。

3. 被験者実験による計測データの取得

3.1 被験者

被験者は健常な成人男性 11 名とした。年齢は 21.8 ± 1.0 歳、身長は 170.4 ± 5.2 cm (それぞれ平

均±標準偏差)であった。なお、事前に被験者に対して実験概要および倫理的配慮について説明し、実験当日に書面での同意を求め、同意の得られた被験者のみ実験に参加させた。

3.2 実験条件

実験条件は OWAS の姿勢コードに基づいた背部 4 水準と下肢 6 水準 (座位を除く) を組み合わせた全 24 姿勢とした。なお、上肢は姿勢コードが 1 となるように両腕が肩より下の姿勢とした。

3.3 計測項目

被験者は、左胸ポケットの位置 (図 1) に慣性計測装置 (IMU-Z2, ZMP Inc.) を装着し、実験動作を実施した。このとき IMU-Z2 では、3 軸の加速度および角速度をサンプリングレート 100 Hz で計測し、その計測値からオイラー角を算出した。なお、実験手順は図 2 の通りとし、実験姿勢の維持および変更時のデータを分析に用いた。

3.4 実験結果および考察

実験の結果、X 軸の加速度は下肢の姿勢により波形が異なること、3 軸合成の角速度は直立静止および姿勢維持時と姿勢変更時では波形が異なること、各軸のオイラー角は背部の姿勢により波形が異なることが明らかとなった。そのため、姿勢によって明らかに計測値が異なるものは閾値により判別し、閾値で判別できないものは機械学習モデルを作成して姿勢を判別する。

各下肢姿勢コードにおける X 軸加速度の一例を図 3 に示す。図より、歩行時の波形が他の姿勢と異なることがわかるが、閾値での判別は困難であった。そのため、下肢の姿勢は機械学習モデルにより判別することとした。

図1 IMU-Z2装着位置

図2 実験手順

図3 各下肢姿勢コードにおける加速度(X軸)

図4 姿勢変更および維持時の角速度(3軸合成)

図5 姿勢判別アルゴリズム

姿勢変更および維持時における3軸合成角速度(0.01秒および1秒平均)の一例を図4に示す。図より、どちらの場合も姿勢変更時に値が大きくなるのがわかる。そこで、閾値の違いによる姿勢変更と維持の判別率を算出したところ、1秒平均における10°/secのときに88.4%となり、判別率が最も高かった。そのため、この値を姿勢変更および姿勢維持の閾値として選定した。

各軸のオイラー角については、被験者がとった背部姿勢と一致していた。そのため、X軸では背部のひねり、Y軸では背部の前後屈、Z軸では背部の側屈を判別することとし、閾値は20°とした。

4. 機械学習モデルによる姿勢の判別

4.1 機械学習モデルの作成

被験者実験の計測データを用いて、歩行および歩行以外の下肢を判別する機械学習モデルをk近傍法により2種類作成した。1つ目は0.01秒ごとの計測値をそのまま使用した「0.01秒モデル」であり、特徴量は3軸の加速度とその合成値、3軸の角速度とその合成値、3軸のオイラー角とした。2つ目は1秒を一区間とした「1秒モデル」であり、特

徴量は0.01秒モデルの特徴量に対して1秒間の平均と標準偏差を算出したものとした。

4.2 姿勢判別精度の検証

本研究では、背部はオイラー角の閾値で判別し、下肢は閾値による判別と機械学習モデルで判別する。そこで、作成した2種類の機械学習モデルのうち精度が高いモデルを選定するために、leave-one-out交差検証を実施した。その結果、歩行の判別、および歩行以外の下肢の判別において「1秒モデル」の精度が高かった。そして、選定した機械学習モデルを用いて姿勢判別アルゴリズム(図5)を作成し、姿勢判別精度の検証を実施した。その結果、歩行は68.9%、歩行以外の下肢は31.5%、背部は約100%の一致率となった。このとき、上肢に正しい姿勢コードが入力されると仮定すると、ACは61.5%という判別精度となった。

5. 結論と今後の課題

本研究では、慣性計測装置の計測データを用いて、閾値による判別と機械学習モデルによる判別に基づいた作業姿勢の判別方法を提案した。この方法を用いることで、背部と下肢の姿勢を自動判別できるため、OWAS評価の支援が可能である。

今後の課題としては、上肢姿勢の判別方法の考案や下肢姿勢の判別精度の向上が挙げられる。

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) Diego-Mas et al. : “Using Kinect™ sensor in observational methods for assessing postures at work”, *Appl. Ergon.*, Vol. 45, No. 4, pp. 976-985, 2014.
- 2) 岡田 他 : “大型製品の組立作業における作業条件に着目したOWASに基づく作業姿勢の推定”, 日本経営工学会2017年春季大会, pp. 52-53, 2017.
- 3) Yan et al. : “Wearable IMU-based real-time motion warning system for construction workers' musculoskeletal disorders prevention”, *Autom. Constr.*, Vol. 74, pp. 2-11, 2017.
- 4) Nath et al. : “Ergonomic analysis of construction worker's body postures using wearable mobile sensors”, *Appl. Ergon.*, Vol. 62, pp. 107-117, 2017.