

スポーツ用ウェアラブルセンサを用いた建設作業員の疲労推定に向けた動作計測実験

法政大学大学院	学生会員	○小林 泰雅
法政大学	正 会 員	今井 龍一
大阪経済大学	正 会 員	井上 晴可
関西大学	正 会 員	山本 雄平

1. はじめに

近年、建設業の労働災害死亡者数は、建設業従事者による労働災害防止計画への重点的な取り組みにより年々減少している。一方、全産業における労働災害死亡者数は依然として建設業が最も多い傾向にある¹⁾。建設現場では様々な安全対策を講じられているが、高所作業や重機の使用に伴う危険性の高さに加えて、肉体労働による疲労が作業員の注意力・集中力の低下に影響を及ぼすなど、様々な労働災害リスクが顕在化している状況にある。

こうした現状に対して、心拍数や筋電図、酸素消費量などのバイタルセンサを用いた建設作業員の疲労推定が実施されているが、バイタルセンサの利活用が至難であるため普及に課題が残る。一方、スポーツ分野に着目すると、疲労推定やプレー解析を目的として、プロに限らずアマチュアでも9軸センサ・GNSSセンサを搭載しているスポーツ用ウェアラブルセンサの活用例が増えている。しかし、スポーツ用ウェアラブルセンサは、センサ情報から推定した運動量に基づいて疲労を予測しているため、バイタルセンサとは異なり、生理指標に基づいて疲労を推定しているわけではない。そのため、スポーツ用ウェアラブルセンサを用いて建設作業員の疲労が推定できることが明らかになれば、労働災害リスクの軽減が期待できる。

以上より、本研究の目的は、スポーツ用ウェアラブルセンサを用いた建設作業員の疲労推定に向けた適用可能性の検証とし、動作計測実験を実施する。

2. 研究方法

本研究では、スポーツ用ウェアラブルセンサの中でも廉価かつ測位精度の高いクロスセンシング社製のxG-1を用いて、ランニング前後で同一の動作を実施することで、疲労前後のデータを収集する。そして、収集したデータを分析することで、スポーツ用ウェアラ



図-1 xG-1 本体



図-2 xG-1 専用ベスト

ルセンサの建設作業員への疲労推定の適用可能性を検証する。

図-1に示すxG-1は、9軸センサ、RTK-GNSSセンサを搭載しており、50Hzでデータを収集する。センサは、専用ベストを用いて背中に装着する。サイズは88mm×44mm×19mm、重量が64gである。FIFAおよびWorld Rugbyの認証を取得しており、国際試合でも装着可能な規格を保有している。被験者がxG-1を装着している様子を図-2に示す。図-2の赤丸部がxG-1取り付け位置を示している。

3. 実験方法

(1) 実験概要

本実験では、xG-1から取得したデータを分析するために、5kmのランニングを実施することで、疲労前後の動作に関するデータを収集する。ランニング前と後には同様の動作を実行する。

被験者は身長178cmの男性大学院生1名で、xG-1専用ベストにセンサを装着し、第3胸椎から第5胸椎の間にセンサを取り付ける。センサからは加速度と角速度の情報が50Hzで収集される。

実験対象の動作は、歩く、運搬する、階段を上る、階段を下りるの4動作である。収集した加速度と角速度データは、3秒ごとに、移動最大値および移動最小値を

キーワード 時系列データ解析, ウェアラブルセンサ, xG-1, 加速度, 角速度

連絡先 〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 法政大学 TEL : 03-5228-1347 E-mail : taiga.kobayashi.3b@stu.hosei.ac.jp

表-1 疲労後最大最小の差から疲労前最大最小の差を引いた値

動作	Acc_x (gal)	Acc_y (gal)	Acc_z (gal)	Gyro_x (°/s)	Gyro_y (°/s)	Gyro_z (°/s)
歩く	143	-33	160	294	70	446
運搬する	322	100	62	100	-47	304
階段を上る	67	109	147	427	117	591
階段を下りる	438	826	359	1,866	1,828	746

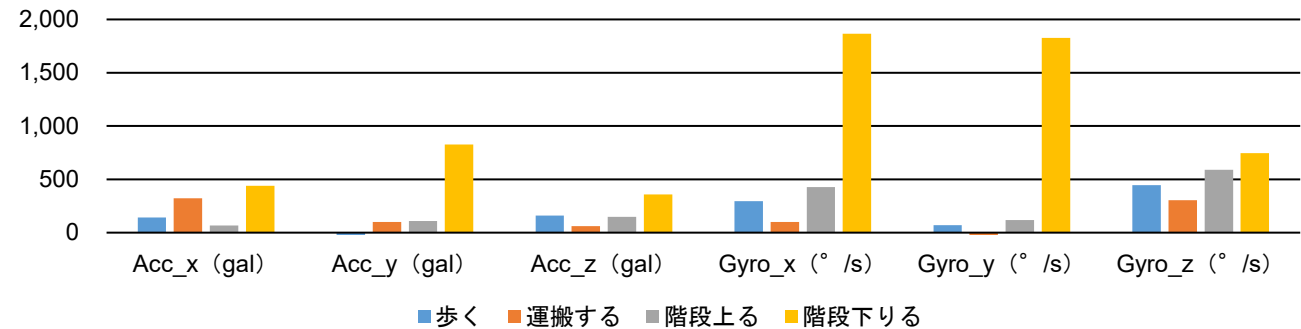


図-3 疲労前後における加速度・角速度の相対的な変化量

算出し、その平均値を求める。次に、ランニング前後の移動最大値および移動最小値の平均値を比較することで、データの差分を明らかにする。具体的には、疲労前後のデータ差分を算出するために、ランニング後の移動最大値の平均値から移動最小値の平均値を引いた値から、ランニング前の移動最大値の平均値から移動最小値の平均値を引いた値を差し引く手法を用いる。この手法で算出した値は、疲労前と疲労後の相対的な変化量を示している。

(2) 実験結果

表-1 は、疲労前の移動最大値と最小値の平均値間の差と、疲労後の移動最大値と最小値の平均値間の差の両者間の差分を算出した値を示す。図-3 は、表-1 で示した値をグラフにしたものである。

図-3 より、疲労前に比べて疲労後のほうが、移動最大値から移動最小値を引いた値が大きくなっていることが確認された。また、多くの項目で疲労後のほうが値の差が大きくなっていることがわかる。特に、階段を下りる動作では疲労前後での差異が著しく、建設作業員を想定した運搬する動作においても差異が確認された。また、各分析項目の x 軸および z 軸の角速度において、疲労前後に差分が現れることが明らかとなった。

(3) 考察

本研究において、疲労前後の加速度および角速度データを比較した結果、 y 軸では疲労による影響が少なく、 x 軸および z 軸では疲労前後で顕著な値の差異が見られた。これは、 y 軸が身体の垂直成分であるため、疲

労による身体のブレなどの影響が少なく、 x 軸が身体の前後方向、 z 軸が身体の左右方向の角速度であるため、疲労による身体のブレが影響していると考えられる。

次に、階段を下りる動作では、他の動作と比較して疲労前後の値の変化量が大きく、身体的疲労が影響しやすい動作であることが示唆された。これは階段を下りる動作が身体を上下させるため、多くの労力を必要とするのが要因と考えられる。

4. おわりに

本研究では、スポーツ用ウェアラブルセンサを用いた建設作業員の疲労推定の適用可能性を検証した。その結果、疲労前後で移動最大値の平均値から移動最小値の平均値を引いた値に差が生じることが明らかになった。また、階段を下りる動作や運搬する動作など、労力が必要である動作ほど疲労前後の差が顕著に現れることがわかった。そのため、スポーツ用ウェアラブルセンサを用いて建設作業員の疲労を推定できる可能性が示唆された。

今後は、複数人の被験者を対象として、より詳細に分析することで、建設作業員の疲労を正確に推定する予定である。

謝辞：本研究の遂行にあたり、クロスセンシング社にはスポーツ用ウェアラブルセンサのデータ特性に関する貴重なご意見を賜った。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

1) 厚生労働省：令和2年労働災害発生状況の分析等、<<https://www.mhlw.go.jp/content/11302000/000790380.pdf>>、(入手 2023.3.23)。