

機械学習と3軸加速度センサを用いた建設作業員の作業動作判別に関する研究

東京都市大学大学院 学生会員 ○古谷 貴史
東京都市大学 正会員 五艘 隆志

1. はじめに

国土交通省は、ICT（情報通信技術）を活用した i-Construction の施策を推進し、建設業の生産性の向上を目指している。同施策の一環として、IoT・AI等の新技術を試行する「革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」を始動し、建設現場におけるデジタルデータの活用を推進している¹⁾。一方、我が国の建設プロジェクトにおける生産性管理データの収集および分析は、現場の技術者が個人で収集したものを活用している状況であり、信頼性が高いものとは言い難い。国土交通省等の各発注者機関が積算に用いている標準歩掛等も同様の状況である。建設工事において、作業員、建設機械そして資材の動向を一定の精度で把握することができれば、適正な工事単価の算出や設計変更管理および生産性向上が期待できる。田中ら²⁾は、建設作業員の動作を機械学習と3軸加速度センサを用いて、立位や歩行、運搬等9種類の簡易的な動作に対して、90%以上の精度で判別することができた。しかし、実現場における作業員の動作判別の有用性検証には至っていない。

本研究では、機械学習と3軸加速度センサを用いた実現場における建設作業員の作業動作判別システムを構築し、その有用性を検証する。

2. 作業動作判別システムの構築

作業員のヘルメットに装着した3軸加速度センサにより、作業員の動作を記録する。また、マニュアルサンプリングにて作業員の動作を目視により観察し記録する。表-1³⁾に、マニュアルサンプリングにより記録した作業員の作業動作の生産性区分を示す。本研究では、機械学習と3軸加速度データから直接生産動作、補助支援動作および作業遅延動作の3種類の生産性区分に判別するシステムを構築する。図-1に、構築した作業動作判別システムの全体像を示す。機械学習のマルチクラス分類のアルゴリズムとして、サポートベクターマシン（以下、「SVM」とする。）とランダムフォ

レストの2種類の学習モデルを使用する。SVMおよびランダムフォレストはどちらも学習データのノイズに強いのが特徴である。SVMは他のアルゴリズムと比較すると、学習データ数が少ない場合でも高い分類性能が期待できるが、分類処理速度がやや遅い。一方、ランダムフォレストは分類処理速度が非常に速いが、学習データ数が少なすぎると過学習となる傾向がある。以上の点を踏まえて、SVMとランダムフォレストの2種類の分類アルゴリズムにより作業動作判別システムを構築する。

3. 作業動作判別システムの有用性の検証

(1) 検証データの概要

検証データは、2017年11月15日に東京都内の道路舗装現場にて5名の作業員を対象に収集した。作業員

表-1 作業動作判別の生産性区分³⁾

生産性区分	作業構成要素区分
直接生産動作	生産に直接寄与する動作
補助支援動作	作業員自身の移動動作 資機材の運搬動作 図面や指示の確認動作 工具/材料の準備動作
作業遅延動作	作業の開始遅延/切り上げ終了待機 個人的理由での作業遅延 定められた小休止・休憩

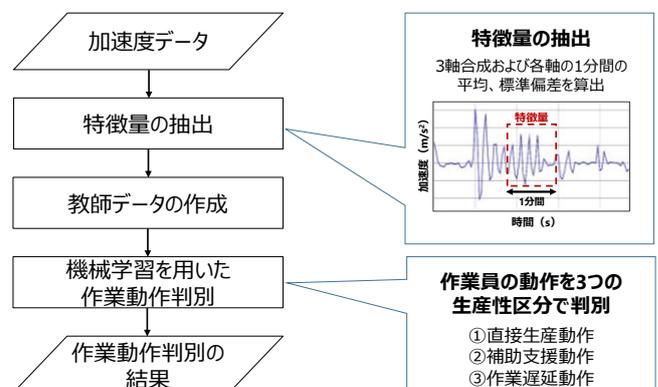


図-1 作業動作判別システムの全体像

キーワード 機械学習, 3軸加速度センサ, 建設現場, 作業動作判別
連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL : 03-5707-0104

の動作は、ヘルメットに取り付けた3軸加速度センサおよびマニュアルサンプリングにより、就業開始から就業終了まで記録した。

(2) 教師データの作成

教師データは、3軸加速度データから合成加速度の平均および標準偏差、そして各3軸加速度の平均および標準偏差を算出し、8種類の特徴量とした。これらの特徴量は全て1分間の平均である。これは、1分毎におおよそその作業動作を判別することを目的としたためである。作業動作の種類は、マニュアルサンプリングを基に特徴量にラベル付けした。

(3) 検証方法

構築したシステムの動作判別精度を検証するため、シャッフル分割交差検証を実施した。図-2に、シャッフル分割交差検証のイメージを示す。教師データ全891個のうち200個を検証データ、691個を学習データへ無作為に分割し、作業動作判別の正解率を算出する。この検証を10回繰り返し、作業動作判別システムの有用性を検証する。

(4) 検証結果

検証結果を表-2に示す。SVMおよびランダムフォレストによる作業動作判別の平均正解率は、それぞれ58%と54%となった。平均正解率に大きな差はみられなかったが、SVMのほうがランダムフォレストよりも正解率の標準偏差がやや大きく、正解率の最大値と最小値の差も大きい。したがって、ランダムフォレストの方が安定した精度で作業動作判別をすることが可能であると考えられる。また、田中ら²⁾の既往研究では簡易的な実証実験による作業動作の判別ではあるが、90%以上の精度で判別できていた。一方、今回の検証における作業動作判別の精度は55%前後となった。精度が低い要因として、特徴量の抽出が考えられる。田中ら²⁾の既往研究では、特徴量を抽出する際に、各軸の加速度の平均および標準偏差を時間窓幅2.56秒で算出している。一方、本研究では、1分毎におおよそその作業動作を判別することを目的としたため、時間窓幅60秒で算出している。このことから、特徴量抽出における時間窓幅の設定を再検討する必要があると考えられる。また、実現場では作業動作も実証実験とは異なり複雑であることから、3軸加速度センサ以外のデータと連携することで、より

高精度かつ詳細な判別ができると考えられる。

4. おわりに

本研究では、機械学習を用いた加速度センサによる建設作業員の作業動作判別システムの構築および構築したシステムの実現場における有用性を検証した。検証の結果、作業動作判別の精度は55%程度であることが明らかになった。今後は、位置情報等の加速度データ以外のデータと連携させ、より高精度かつ詳細な動作判別をする必要があると考えられる。

謝辞：本研究は、大成ロテック株式会社の山田 敏広氏、長山 清一郎氏、株式会社トアックの濱野 満氏、山口 貴大氏から資料データの提供と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) 国土交通省：建設分野の生産性向上について、<<https://www5.cao.go.jp/keizaisimon/kaigi/special/reform/wg6/181029/pdf/shiryoul.pdf>>, (2020.3.22 閲覧)
- 2) 田中他：加速度センサと機械学習を用いた建設作業員の行動分類システムに関する基礎的研究，土木情報学シンポジウム講演集，土木学会，vol.44，pp.209-212，2019.
- 3) 五艘他：建設現場における先端情報技術を活用した生産性管理データ収集・分析システムの構築に関する研究，土木学会論文集，土木学会，Vol.66，pp.317-328，2008.

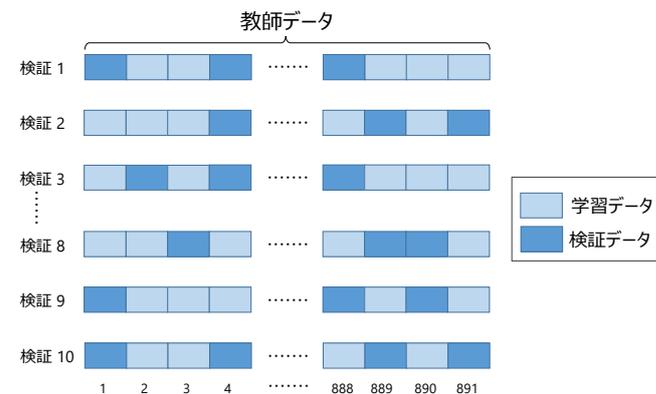


図-2 シャッフル分割交差検証のイメージ

表-2 作業動作判別の精度検証結果

検証No.	正解率	
	SVM	ランダムフォレスト
検証 1	0.75	0.61
検証 2	0.61	0.61
検証 3	0.56	0.57
検証 4	0.60	0.46
検証 5	0.53	0.47
検証 6	0.36	0.46
検証 7	0.59	0.53
検証 8	0.65	0.54
検証 9	0.55	0.55
検証 10	0.64	0.63
平均	0.58	0.54
標準偏差	0.10	0.06