

第VI部門

生産性と安全性の向上のための加速度センサと機械学習を用いた作業員の行動分析

大阪大学 工学部 学生員 ○田中 陸人
 大阪大学 大学院工学研究科 フェロー 矢吹 信喜
 大阪大学 大学院工学研究科 正会員 福田 知弘

1. はじめに

近年、建設現場における生産性及び安全性の向上を目的として、カメラで撮影された画像や映像データから建設機械や作業員等の情報を自動で取得する技術の利用がなされている。しかし、施工の進捗により出来形や資機材の配置場所等が変化する建設現場において、カメラ使用時に発生する死角の影響は避けられないため、移動物体や作業員の情報を常時取得することは困難である。草柳ら¹⁾はカメラを用いる代わりに、加速度センサと ZigBee 通信による屋内測位を使用し、作業員の作業状態を常時取得するシステムを構築している。だが、加速度センサで取得したデータ処理に、ルールベースで設定した閾値モデルを使用しているため、作業員の作業中か休止中かどうかの分類の精度は 80%以上となっているのに対し、資機材の運搬作業と作業員自身の移動の分類精度は 60%以下と課題が残されている。

2. 加速度センサと機械学習を用いた作業員の行動分類システム

本研究では生産性及び安全性に関する作業員の行動データの常時取得を目的として、図 1 に示すシステムを構築した。本システムでは、加速度データからの特徴量抽出時にスライドウィンドウ法²⁾を採用し、抽出した特徴量を機械学習手法の一種である SVM (Support Vector Machine³⁾) を用いた分類器に適用することで、作業員に装着した小型無線加速度センサの情報から作業員の行動を分類するシステムを構築した。

3. 検証実験方法

行動分類精度の評価実験として、20 代の健康成人男性 3 名に対して、頭・手首・腰の 3 カ所へ無線加速度センサを装着し、屋内実験環境において建設現場作業員の生産性及び安全性に関する 9 種類の行動をそれぞれ独立して行ってもらい、本システムの行動分類精度を評価した。

また、屋外検証実験では、20 代の健康成人男性 1 名に加速度センサを装着した後、運搬動作を主とする 2 分半程度の模擬作業を実施してもらい、本システムから出力されたデータの時系列整合性を評価した。

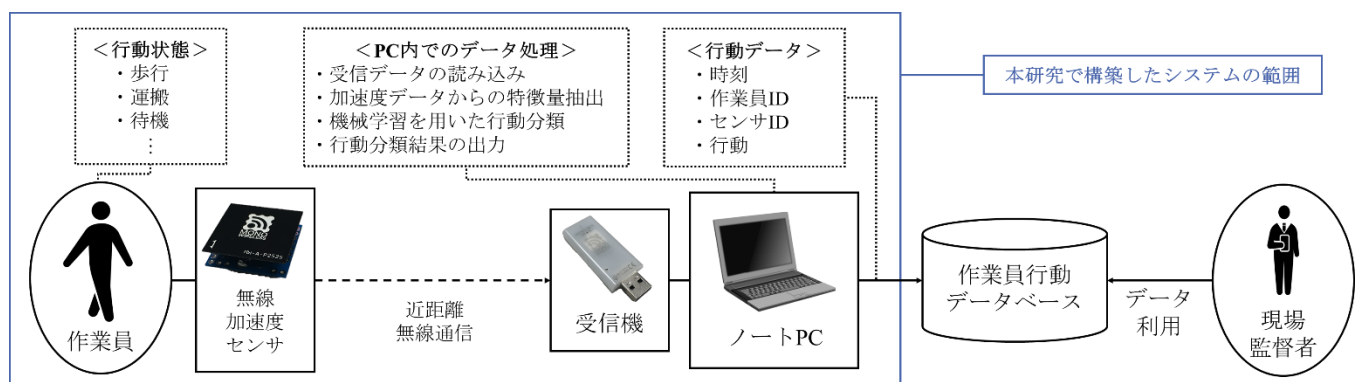


図 1 システムの概要

Rikuto TANAKA, Nobuyoshi YABUKI and Tomohiro FUKUDA

rikuto.tanaka@it.sec.eng.osaka-u.ac.jp

表 1 行動分類精度評価実験の結果

		加速度データを用いた行動分類（出力データ）									合計	F値 (%)
		立位	椅座位	端末操作	歩行	運搬①	運搬②	飛び降り	よろめき	転倒		
実際の行動（正解データ）	立位	15	0	0	0	0	0	0	0	0	15	100
	椅座位	0	10	3	0	0	2	0	0	0	15	80
	端末操作	0	0	14	0	0	1	0	0	0	15	87
	歩行	0	0	0	14	1	0	0	0	0	15	97
	運搬①	0	0	0	0	15	0	0	0	0	15	94
	運搬②	0	0	0	0	0	15	0	0	0	15	91
	飛び降り	0	0	0	0	1	0	14	0	0	15	61
	よろめき	0	0	0	0	0	0	10	5	0	15	40
	転倒	0	0	0	0	0	0	7	5	3	15	33

（端末操作：タブレット端末を用いた作業内容確認動作，運搬①：両手抱え型運搬動作，運搬②：肩担ぎ型運搬動作）

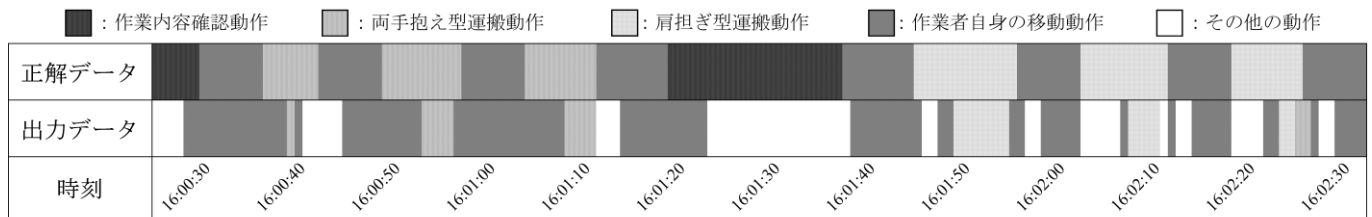


図 2 屋外検証実験における正解データと出力データの時系列比較

4. 検証実験結果・考察

混同行列を用いた行動分類精度評価実験の結果を表 1 に示す。F 値（適合率と再現率の調和平均）による評価を行ったところ，F 値 80%以上で「立位」から「運搬②」まで 6 種類の行動を分類できた。「飛び降り」・「よろめき」・「転倒」動作の分類については F 値が 70%以下となっており，分類方法の見直しが必要である。

また，屋外検証実験における行動分類結果を時系列で比較したグラフを図 2 に示す。1 秒間隔で比較した正解データと出力データの一致率は 47.7%であった。作業内容確認動作に対する正しい出力が得られていないため，分類器の作成に使用した学習データの見直しが必要である。また，正解データにおける各動作の変化点付近（移動動作から運搬動作に変わる瞬間等）で正しい出力データが得られなかった。本システムで採用したスライドウィンドウ法による特徴量抽出は，動作の変化点における加速度情報を欠落させてしまう短所を有する。そのため，作業員が連続して同じ動作を行った行動分類精度評価実験（表 1）では概ね高い精度で行動を分類できた行動に対しても，作業員の動作の変化が頻繁に起こる屋外検証実験（図 2）では，動作の変化点付近において正しい行動分類が行われず，全体の一致率が 47.7%という結果になったと考察する。

5. 結論

スライドウィンドウ法による特徴量抽出と SVM と用いた行動分類によりヘルメット・手首・腰の 3 箇所に装着した加速度センサの情報から作業員の 6 種類の行動を F 値 80%以上で分類できた。一方で，スライドウィンドウ法を用いた特徴量抽出を行う際には，動作の変化点における加速度情報が欠落してしまうため，動作の変化点を検出する方法を検討していくことが今後の課題として挙げられる。

参考文献

- 1) 草柳俊二，五艘隆志：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，（財）港湾空港建設技術サービスセンター研究開発事業報告書，2010 年 4 月。
- 2) L. Bao, S.S. Intille: Activity Recognition from User-Annotated Acceleration Data, Pervasive Computing, pp.1-17, 2004.
- 3) V. Vapnik: The Nature of Statistical Learning Theory, Springer, 1995.