

製造工程におけるスマートタグを用いた作業者の動作分類

佐藤祐紀† 堀川三好† 岡本東† 中田恵史†

岩手県立大学 ソフトウェア情報学部†

1. はじめに

近年、様々な分野で行動センシングが活用されている。製造工程においては、作業者を対象としたウェアラブル機器やカメラによるセンシングが主流であるが、導入コストや精度の課題が残る。そのため、既存の PTS 法やストップウォッチ法による作業分析が主流となっており、変種変量生産の実現に向けた妨げとなっている。

本研究は、作業者が簡易に装着可能な小型スマートタグから得られた位置情報および加速度・ジャイロのセンサ値を用いた作業分析手法を提案する。すなわち、ポケット等への簡易装着のため詳細なセンサ値は取得できないが、位置情報ごとの機械学習モデルを適用することで、行動分析を行うことを目指している。本稿では、まず、小型スマートタグから取得されるセンサ値を用いて機械学習モデルを生成し、動作分類の精度を比較検討する。その後、時系列を考慮した機械学習モデルである LSTM (Long Short Term Memory) を用いて作業分類が可能かどうかを検証する。これにより、これにより、低コストで常時観測可能な行動分析システムの構築を目指している。

2. 先行研究

行動分析に関する研究は、GPS を用いた観光行動等の広域なものから、センサを用いた屋内行動分析まで多く見られる。製造工程を対象としたものとしては、ビーコン等を用いた位置測位やウェアラブル機器等を用いた動作分類の研究はあるが、両者を組み合わせることで統合的に製造工程の行動分析を行う取り組みは少ない [1]。

3. 作業分析の手法

3.1 スマートタグ

スマートタグを図 1 に示す。スマートタグは、研究グループと株式会社 Eri が共同開発したもので以下の機能を持つ。

(1) センシング機能

Action Classification of Worker using Smart Tags in the Manufacturing Process

†Yuki Sato, Mitsuyoshi Horikawa, Azuma Okamoto, Satoshi Nakata, Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

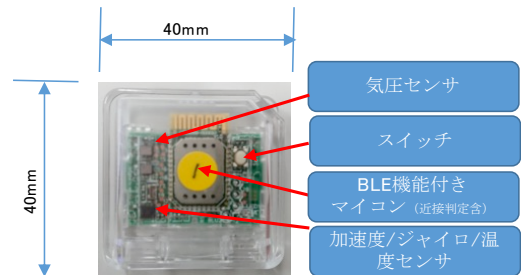


図 1 スマートタグ

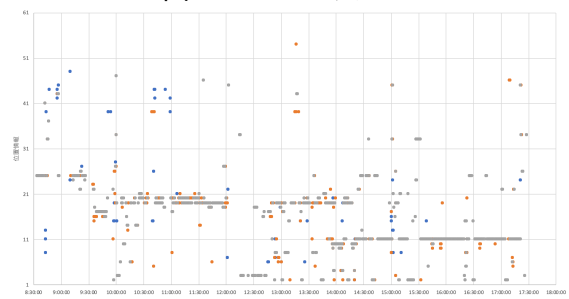


図 2 スマートタグの収集データ例

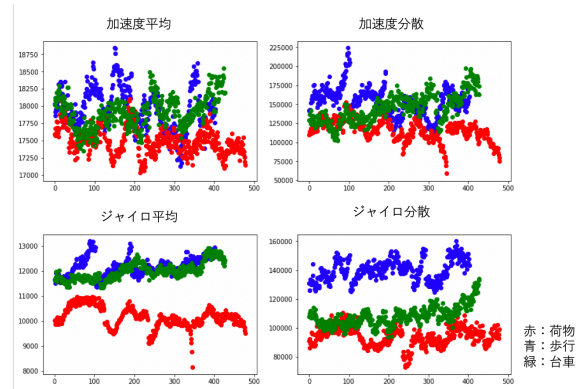


図 3 加速度・ジャイロの平均/分散例

加速度、ジャイロ、温度センサを搭載している。また、加速度データから歩数や人間の歩行有無を判別する機能を持つ。

(2) 通信機能

BLE 通信機能を持つ。ビーコン電波を受信すると共に、センシング機能で取得した各種センサ値や測位結果を配信する。屋内環境では約 50m の通信距離を持つ。

(3) 測位機能

ファームウェアに研究グループが開発したビーコンの近接検知プログラムを実装している。作業者のセンサ値の取得方法として、研究グルー

表 1 動作分類モデルの実験結果

窓長	分類器	分類精度
1	Hist Gradient Boosting	0.891
3	Extra Trees	0.909
5	K-Neighbors Classifier	0.943

ブが開発しているスマートタグを用いる。

図 2 に実際の製造工程で収集された 1 名の作業者の位置情報と加速度の閾値による動作分類（歩行・動き有・静止）判定結果のサンプルを示す。工程改善や可視化等に有用ではあるものの行動分析のためには、より詳細な動作分類が求められている。

図 3 に被験者 1 名の通常歩行時における加速度・ジャイロの平均・分散値の例を示す。加速度およびジャイロは、26Hz および 12.5Hz のサンプリング周期であり、300ms 間隔にて BLE 通信で周囲にブロードキャスト配信される。図 3 では、10 秒間に観測された 3 軸合成値の平均・分散値を表示している。

3.2 動作分類モデルの検討

(1) データセット

予備実験として、製造現場で標準的な「通常歩行/台車押し歩行/荷物持ち歩行」の 3 つ歩行状態のデータを取得し、動作分類を行う。5 名の被験者が各歩行で直線通路 30m を 2 往復し、折り返し時を除いてデータ収集を行った。各歩行とも約 2000 件のデータが収集された。収集データを訓練とテスト用に 8:2 の割合で分割する。併せて、データのサンプリング個数（以降、窓長）を 3 および 5 個としたデータセットも作成する。

(2) 動作分類モデル

scikit-learn の all estimator 機能を用いて SVM, 決定木, 決定木を応用した複数モデル等の分類器から全探索を行う。併せて、ニューラルネットワークの全結合モデル (FNN) を生成し、比較検討する。

(3) 実験結果

表 1 に動作分類モデルの実験結果を示す。窓長が 1 の場合、最も分類精度が良いのは勾配ブースティング法で約 90%であった。また、窓長が大きくなることにより、k-近傍法の精度が最も高い結果となった。FNN を用いた分類モデルは、窓長 1 で約 92%と最も精度が高かった。これらの結果から、ポケットに装着したスマートタグのセンサ値からもある程度の動作分類が可能だという知見を得た。その際、リアルタイム性は劣る

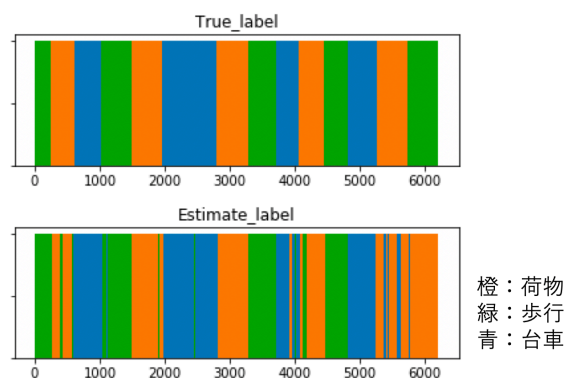


図 4 LSTMによる作業分析

ものの窓長を長くすると分類精度は高くなるため、適切な機械学習モデルの選定と設定を行う必要がある。

4. 作業分類の評価実験

4.1 実験概要

製造工程では、瞬間的な動作分類のみでなく、「箱を解体する」「部品を組立てる」等、一連の作業を分類する必要がある。3.2 節で述べた予備実験にて FNN が良い精度であったため、時系列を考慮した RNN を拡張した Long Short Term Memory (LSTM) による行動分析モデルを検討する。

4.2 データセット

3 節で用いたデータセットを結合し、一連の動作と捉え分析を行なった。利用した LSTM モデルは、LSTM 層と全結合層を組み合わせるモデルとした。また、データ内での再起するシーケンス長を 100 とした。

4.3 実験結果

LSTM を用いた実験の結果を図 4 に示す。作業分類の推定精度は 0.835 であった。3 節の分類精度と比べて精度は低いですが、おおよその作業分類ができていのがわかる。

5. おわりに

本研究では、小型スマートタグで得られたセンサ値から機械学習モデルを用いて動作分類および作業分析が可能であることを示した。今後、位置情報により機械学習モデルを切り替えることにより、製造工程全体の作業分類を可能となるように拡張していく予定である。

参考文献

- 1) 北澤正樹, 高橋聡: ビーコンデバイスと加速度センサによる製造現場作業者の動作計測とシミュレーション, 人工知能学会 2017 年 2N4-OS-31b-5
- 2) 堀川三好, 岡本東, 村田嘉利: 生産・物流向け IoT 用スマートタグの提案, 第 9 回横幹連合コンファレンス予稿集 2018, d2-3, 2018