

位置と状態情報による作業行動の可視化システムの提案

猪股 一步希[†] 佐藤 祐紀[‡] 小村 皓大[†] 堀川 三好[‡]岩手県立大学ソフトウェア情報学部[†] 岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科[‡]

1. はじめに

製造現場に IoT が普及したことによりデータ蓄積が進み、データ解析や機械学習を活用した現場の可視化や意思決定支援の導入事例が増えている。製造現場における作業者の可視化については、ウェアラブル機器や動画解析を用いた研究が見られるが、可視化手法は確立されていない。広範囲な現場で作業者の個人識別を行いながら行動推定する技術を、即時性が高く低コストで実現することが求められている。

本研究は、位置と状態情報を容易に取得可能な小型センシングデバイスであるスマートタグを用いて、作業行動の可視化を行う方法を提案する。スマートタグは、周囲に設置した BLE ビーコン（以降、ビーコン）から位置情報の特徴量を取得すると同時に、内蔵している加速度・ジャイロセンサから状態情報の特徴量を取得可能である。本稿では、作業行動の推定のために位置と状態情報を考慮した学習モデルを構築し、製造現場にて実証実験を行った結果を報告する。

2. 先行・関連研究

研究グループの先行研究として、中田ら [1] は、スマートタグを用いて滞在時間、歩数、運動量を取得し、即時導入可能な工程改善可能なデータ収集に取り組んだ。約 1 時間の製造現場での準備で、当日内に工程改善に必要なデータ収集を可能とし、有効性について確認した。また、猪股ら [2] は、位置と状態情報を特徴量として、作業行動の推定を行うために複数の機械学習モデルを比較した。その結果、CNN-LSTM を用いたマルチモーダル学習が有効であった。併せて、ビーコンの設置数量が精度に与える影響について明らかにした。

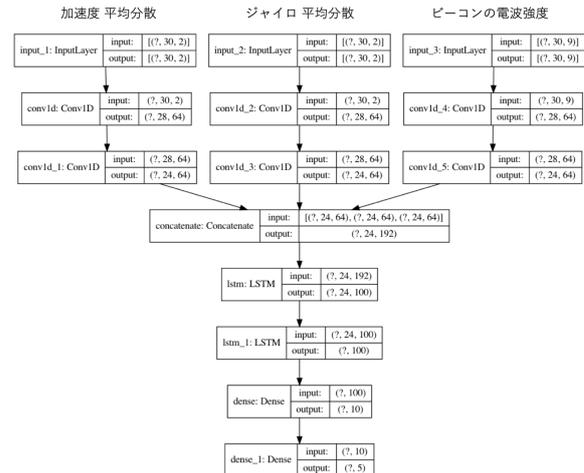


図1 CNN-LSTM アーキテクチャ

3. 位置・状態情報による行動推定

3.1 提案手法の概要

各作業者が上着やズボンのポケットにスマートタグを装着し、収集される位置と状態情報を特徴量とした行動推定モデルを生成し、作業行動の可視化を行う。

3.2 スマートタグ

本提案では、(株)イーアールアイと共同開発したスマートタグを用いる。スマートタグは、4 cm×4 cmの大きさで加速度・ジャイロの平均値・分散値、歩数、運動量等が取得可能である。また、周囲に設置したビーコンの電波強度 (RSSI) を複数取得可能である。取得データは、約 300 ミリ秒で半径約 50m にブロードキャストされ、スマートフォン等のゲートウェイで収集する。

3.3 行動推定モデル

スマートタグで収集可能な位置と状態情報から作業者の行動推定が可能かを検証するため、予備実験として、ライン生産およびセル生産を想定した実験を行った [2]。5 つの学習モデルで訓練・テストした結果を比較したところ、位置と情報を特徴量として組み合わせた CNN-LSTM (図 1) が F 値で 0.87 と、最も高い精度を示した。また、混合行列、作業実績の推定比較結果でもおおよその作業内容と順番、時間は正しく推定された。

Visualization System for Worker's Behavior based on Position and Status

[†]Ibuki Inomata, Kodai Komura

Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

[‡]Yuki Sato, Mitsuyoshi Horikawa

Graduate School of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

4. 実証実験

4.1 実験目的および対象工程

提案する行動推定手法の有効性を検証するために、協力企業で実証実験を行う。対象工程では、精密機器の組立を行っており、組立・梱包・ミズスマシ等、様々な職種の作業員が約 30 名いる。

4.2 実験環境

約 50m×15m の製造工程に約 5m 間隔で BLE ビーコン 17 個を設置し、各作業員はスマートタグを右のズボンポケットに装着する。ビーコンは、(株)イーアールアイ製の BLU250H を用いる。また、データ収集アプリは、Kotlin で開発した Android アプリを用いる。このアプリは、スマートタグのデータ収集と動画撮影の 2 つの機能を持つ。作業員が腕章を装着することで動画の個人識別を可能とし、目視で作業員の行動判別を行う。データ収集のため、工程全体が撮影できるように 4 台のスマホを設置し、1 日間の実験を行った。

4.3 データセットおよび行動推定モデル

作業を大別すると「定位置周辺での作業」と「移動しながらの作業」に分類できる。本稿では、定位置周辺での作業を行う 17 名の作業員について分析を行う。動画から始業後約 2 時間の各作業員の動画を目視で分析した結果、図 2 に示す 18 ヶ所での作業が確認された。これらの作業時間を記録し、スマートタグのタイムスタンプとラベル付けを行い、行動推定モデルの訓練データとする。

4.4 実験結果

行動推定モデルの精度検証の指標として F 値（適合率と再現率の調和平均）を用いる。訓練データとして約 2 時間、テストデータとして約 5 分間のデータを利用する。データのサンプリング長は 2 秒とし、位置情報の特徴量としての RSSI は上位 4 つの強度の BLE ビーコンを用いる。また、特徴量変換は各観測データの最大値で基準化したものを利用する。

図 3 に行動推定モデルの混合行列を示す。加速度・ジャイロのみでは、判別が難しい行動でも RSSI を加えたマルチモーダル学習にすることにより、F 値が 0.93 であった。しかしながら、e1～e3 のエリアの判別精度が若干低いものとなった。これは、e3 の作業の訓練データが少なかったことや作業エリアが近接している上、大きな状態情報の違いがないことが理由として考えられる。訓練データの増加や BLE ビーコン設置を増やすことが対策として挙げられる。

表 1 に BLE ビーコン数と行動推定モデルの精度の関係を示す。すなわち、行動推定モデル生成時に、特徴量として与えるビーコン数を変動

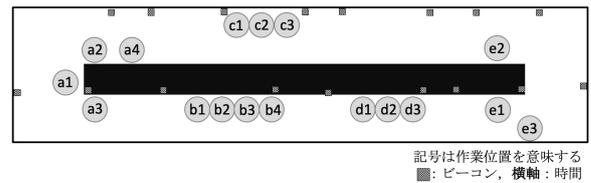
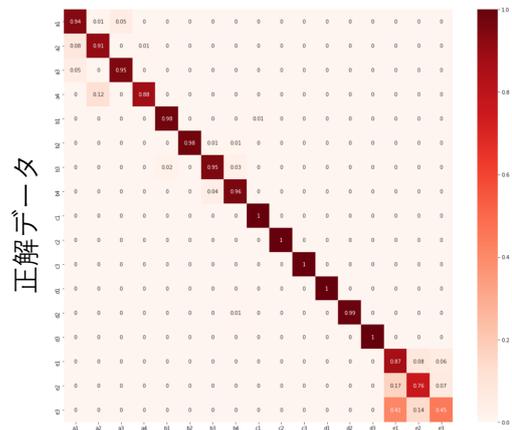


図 2 観測された作業位置



モデルの予想結果

図 3 行動推定モデルの混合行列

表 1 ビーコンと推定精度

ビーコン数	0	5 個	10 個	17 個
F 値	0.70	0.89	0.90	0.93

させた場合の F 値への影響を意味している。BLE ビーコンの特徴量を考慮しない場合、F 値が 70% と低いものの、ある一定数を設置すると F 値が上昇しにくくなる。これは、適切な BLE ビーコン配置計画が存在することを意味している。

5. おわりに

本稿では、小型センシングデバイスであるスマートタグを用いて位置と状態情報を用いた作業員行動の可視化手法を提案した。本稿では、定位置での行動は推定可能であることを示した。今後、提案手法の精度向上を行いながら、移動しながらの作業をする場合の行動推定を実現し、工場全体の可視化技術を構築する予定である。

参考文献

[1] D. Kudo, M. Horikawa, etc.: “Indoor Positioning Method Using Proximity Blue-tooth Low-Energy Beacon”, Proceedings of the 17th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference, (2016)

[2] 猪股一步希, 佐藤祐紀, 小村皓大, 堀川三好: “即時導入可能な作業員行動の可視化システムの提案”, 研究報告モバイルコンピューティングとペーパーシブシステム, 2020-M BL-97, No.15, pp.1-6 (2020)