

作業者の行動分析のための測位手法の提案

佐藤祐紀[†] 小村皓大[†] 猪股一步希[†] 堀川三好[†] 岡本東[†]

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

近年、生産・物流現場においてスマートファクトリを実現するため、IoT の導入事例が多く見られる。生産の 3 要素と言われる機械・材料・人のうち、人を対象としたものでは、多様な行動を多くの作業者を対象に即時性高くおこなう必要があり広く普及には至っていない。

本研究は、簡易センシングデバイスであるスマートタグ用いて、工程改善に必要な情報収集を即時性高くかつ安価で導入する仕組みの構築を目標としている。スマートタグは、周辺に設置した BLE ビーコンの電波強度を位置情報として取得でき、周囲に設置したビーコンの電波強度を複数取得し、平均値検定を繰り返すことで、最も近接しているビーコンの判定を行う。本稿では、近接判定されたデータを用いて近接判定されていないデータの近接ビーコン推定を行う機械学習モデルを構築し、複数の機械学習モデルの比較を行う。また、提案手法を用いて製造工程での作業者行動の可視化を行い、有効性の検証を行う。

2. 関連研究

近年、導入事例が多い映像から物体検出を用いて動線分析する手法は、カメラ設置だけで容易に可能な反面、広範囲の分析には、障害物を考慮しながら死角なしでカメラを設置する必要がある。一方、リストバンド型のウェアラブル機器を装着し、ビーコン等による電波強度による測位を組み合わせる手法は、個人識別は優れているものの、電波測位は数 m の誤差が生じるため、ビーコン設置のノウハウや測位手法の工夫が必要となる。また、作業員全員がデバイスを持つ必要があり、高精度測位と安価なデバイスが求められている。

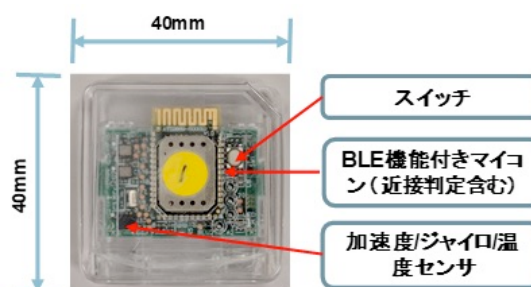


図1 スマートタグ

3. 簡易センサデバイスを用いた測位手法

3.1 スマートタグ

株式会社イーアールアイと共同開発したスマートタグ (図 1) は、加速度・ジャイロ値およびセンサ値から歩数・運動量 (RMS) ・状態 (歩行・静止・静止動きあり) が取得可能である。また、周囲に設置した BLE ビーコンの電波強度 (RSSI) を複数取得し、平均値検定を繰り返すことで、最も近接しているビーコン (以下、近接ビーコン) を判定する独自の測位機能を持つ。この測位手法は、5m 以上の間隔でビーコン設置をした場合、通常の電波強度の大小で近接判定する場合に比べ、精度向上が見られる [1]。センシングデータは、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される。

3.2 先行研究の課題

先行研究 [2] では、スマートタグをつけた作業者の時間・場所ごとの運動量や歩数、滞在時間をヒートマップ等で可視化を行い、実証実験を通して工程改善の定量評価に有効であることを示した。実証実験では、収集データの約 48%が、スマートタグにより近接ビーコンの推定が行われ、位置情報として行動分析に利用した。未判定の残りのデータは、設置ビーコンの中間に位置していた、またはマルチパスフェージングやシャドウウィングによる電波の揺らぎによる影響が考えられるため行動分析に利用できなかった。

Proposal of positioning method for worker behavior analysis

[†]Yuki Sato, [†]Kodai Komura, [†]Ibuki Inomata, [†]Mitsuyoshi Horikawa, [†]Azuma Okamoto

[†]Graduate School of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

3.3 測位手法

上述の課題を解消するため、以下の2つの測位手法を提案する。

(1) 近接ビーコン推定モデル

近接判定されたデータを教師データとして、近接判定されていないデータの近接ビーコン推定を行う学習モデルを構築する。すなわち、近接ビーコン推定モデルは、スマートタグから収集されるビーコンの電波強度（複数観測の場合は強度の高い4つ）、加速度（m/s²）、ジャイロ（deg/s）を入力値とし、訓練ラベルを近接ビーコン判定結果とする。このエリア推定モデルを用いて近接判定されていない収集データについて近接推定することで、より詳細な行動分析を実現する。従来研究と比べ、位置と動作情報をマルチモーダル学習で行い位置推定する点に特徴があり、学習のためのデータセットは現場から直接収集が可能のため低コストで実現可能である。

(2) 座標推定モデル

測位の分野で利用されているフィンガープリント方式を学習モデルにて行う。すなわち、スマートタグから収集されるビーコンの電波強度、加速度、ジャイロを機械学習で観測ポイント（以後、座標と呼ぶ）を事前学習し、観測データから座標推定を行う。従来のフィンガープリントと同様に事前学習のためのデータ収集負荷が大きいことが課題となるが、比較的よい精度の推定が期待できる。

3.4 学習モデル

3.3節で述べた測位手法について、複数の機械学習モデルを比較検証する。先行研究[3]や予備実験においてよい精度が得られた、以下のモデルを取り上げる。

- ①サポートベクターマシン (SVM)
- ②ランダムフォレスト (RF)
- ③多層パーセプトロン (MLP)
- ④Long Short Term Memory (LSTM)
- ⑤Convolutional LSTM (CNN-LSTM)
- ⑥勾配ブースティング (LightGBM)

4. 検証実験

4.1 実験環境

提案手法の有効性の確認のため大学構内の体育館にて検証実験を行う。実験環境は、ビーコンを4つ数m間隔で配置して四角形を形成し、1mごとの区画に区切り、座標とする。実験は、静止状態と歩行状態で行うが、本稿では10m間隔で設置した静止状態について報告を行う。

静止状態の実験では、各観測ポイントで2.5分

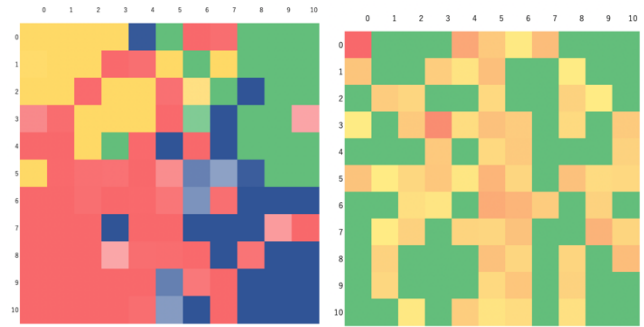


図2 エリア推定結果と座標推定精度
間のデータ収集を行うが、電波の性質から観測中も強度の揺らぎが生じる。収集データは、約60000件となり、約34000件のデータはスマートタグの機能で近接ビーコンが判定された。

また、以下の手法でエリア・座標推定を行い比較する。

- ①電波強度が最も高いビーコンからエリア推定
- ②スマートタグの機能からエリア推定
- ③提案手法を用いた近接ビーコン推定
- ④提案手法を用いた座標推定

4.2 実験結果

図2の左に提案手法を用いて近接ビーコン推定を行った結果を、右に座標推定を行った結果を示す。学習モデルとして、勾配ブースティングを用いる。分類精度は、F値0.90となった。

5. おわりに

本研究では、簡易センシングデバイスを用いた作業者の測位手法の提案した。また、実証実験からその有用性を検証した。IoTやAIは、製造工程で普及が進むものの簡易な仕組みで実現可能な方法については、課題が多く残っている。本研究は、即時導入可能な工程の可視化システムにおいて重要となる測位技術の開発の一助となる。

参考文献

- [1] 堀川三好, 岡本東, 村田嘉利: Internet of Things 向けスマートタグの提案, 情報処理学会 第144回情報システムと社会環境研究会, 2018
- [2] 中田恵史, 岡本東, 堀川三好, 佐藤祐紀: スマートタグを用いた工程改善への活用方法の提案, 情報処理学会第82回全国大会, 2020
- [3] 佐藤祐紀, 猪股一步希, 小村皓大, 堀川三好: 製造工程における作業者の行動分析手法の提案, 情報処理学会第83回全国大会, 2021