

# 骨格データとセンサデータの併用による 作業者の個人識別手法の提案

工藤 諒太<sup>†</sup> 藤原 龍聖<sup>‡</sup> 堀川 三好<sup>†</sup> 岡本 東<sup>†</sup>

岩手県立大学大学院 ソフトウェア情報学研究科<sup>†</sup>

岩手県立大学 ソフトウェア情報学部 ソフトウェア情報学科<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

センシング技術の発展に伴い、製造現場の生産性向上を目的とする作業者の行動分析が取り組まれている。動画分析を行う際には、対象となる作業者の個人識別が求められる。しかしながら、製造工程においては、作業者が帽子、マスクおよび作業着を着用している場合が多く、顔認証や衣服の特徴に基づく個人識別手法の適用が難しい。さらに、遠距離から撮影した不鮮明な動画から個人識別を行う必要がある。

本研究は、製造工程の動画から作業者の骨格データを取得し、グラフニューラルネットワーク（以下、GNN）を用いて個人識別を行う手法を提案する。対象として、単一カメラの撮影範囲に複数人の作業者がいる製造現場を想定する。その際、個人識別モデルの生成に必要なデータセット収集を容易に行うため、簡易センサデバイスを活用した個人識別ラベルを付与する手法を開発する。これにより、個人識別の訓練データ生成のアノテーション作業を簡易化する。

本稿では、提案手法を用いて検証実験を行った結果について報告する。製造工程で見られる少人数の作業者の個人識別であれば、提案手法が有効であることを示す。

## 2. 関連研究

動画解析の活用事例として、不特定多数の歩行者の人物再識別の研究がある。この課題に対しては、取得された服装を元にして識別を行う手法が多く見られる。また、製造現場を対象に、作業者の帽子や腕にマーカーをつけ、物体検出による識別を行う事例がある。しかし、ラベル付けにコストがかかることや、識別制度に課題を抱えている。

Proposal for a Worker Identification Method in Manufacturing Sites using Skeletal Data and Sensor Data  
Ryota Kudo<sup>†</sup>, Ryusei Fujiwara<sup>‡</sup>, Mitsuyoshi Horikawa<sup>†</sup>, Azuma Okamoto<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

<sup>‡</sup> Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

## 3. 身体的特徴による個人識別

動画から得られる骨格データから、身体的特徴量を取得して、個人識別モデルを生成する。その際、アノテーション作業を簡略化するため、簡易センサデバイスを併用することを提案する。以下の手順で個人識別モデルを構築する。

### 3.1 骨格データおよびセンサデータの取得

#### (1) 骨格データの取得

複数人の作業者を撮影した動画から、姿勢推定を用いて骨格データを取得する。本稿では、OpenPoseを用いて首や腰等の計25箇所の関節点の座標を取得する。

#### (2) センサデータの取得

多くのセンサデバイスには、センサIDが割り振られており、個人識別に優れている。本稿では、(株)イーアールアイと共同開発したスマートタグを利用する。スマートタグは、作業場所に複数設置されたBLE (Bluetooth Low Energy) ビーコンの電波強度（以下、RSSI）から統計的検定手法により近接判定を行う機能を有する<sup>1)</sup>。RSSIが最大のビーコンと次点のビーコンのRSSIに対して統計的検定を行い、有意差がある場合に近接していると見做す。

### 3.2 センサIDの骨格データへの紐付け

スマートタグの近接判定機能を用いて、骨格データに対するラベル付けの省力化を行う。製造工程の作業台に設置したBLEビーコンに対して近接している見做された場合に、複数ある骨格座標とのユークリッド距離が最も小さい骨格にセンサIDを紐付ける。

### 3.3 個人識別モデルの生成

#### (1) 骨格データの正規化

骨格データのスケールは、作業者とカメラとの距離（以下、撮影距離）によって変化するためスケール変換を行う。骨格データにおいて最も安定して取得可能かつ標準偏差が小さい、首から腰の長さを基準とする。この長さが1となるように各関節点に対して正規化を行う。

#### (2) グラフ構造を用いた識別モデル

正規化を行った骨格データをグラフ構造化し、

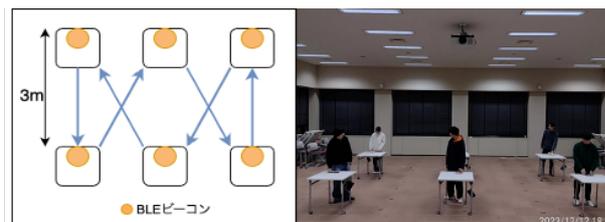


図 1 実験環境

GNN 系列の機械学習による個人識別モデルを生成する。骨格データから動作推定を行った先行研究<sup>2)</sup>を参考に、骨格データを入力とする2つの機械学習モデルを作成し、識別精度を比較する。

a) GCN (Graph Convolutional Networks)

グラフデータにおけるノード特徴量とノード同士の隣接関係を示すデータを用いて、エッジで繋がれた関連度の高いノードを畳み込み、計算する手法である。

b) GC-LSTM (GC-Long Short Term Memory)

グラフの空間情報と時間情報を考慮した手法である。GCNの手法をベースに、ある時刻  $t$  の特徴量の学習に対して、時刻  $t-1$  の特徴量を加えることで、時系列を考慮した学習が可能である。

4. 検証実験

4.1 実験目的・方法

提案手法の有効性を検証するために、少人数が定期的に作業場所を移動しながら作業を行う製造現場を想定した実験を行う。被験者を2名から6名とし、各被験者はズボンの左ポケットにスマートタグを入れ、6作業台で1分間ずつ本を読み次の作業台へと移動する(図1)。この作業を2周し、合計12分の撮影を1セットとしている。

4.2 データセット

骨格データと同時に出力される推定信頼度をもとにノイズを除去し、正規化をした上でグラフデータを生成する。被験者を個別に撮影したデータセットを機械学習の学習データとする。また、2名、4名、6名の作業者を同時に撮影したデータセットをテストデータとして同時識別時の精度検証を行う。なお、特定のBLEビーコンに近接している時のみ個人識別を行い、推定精度を検証する。

4.3 実験結果・考察

個人識別モデルの精度評価の指標として、適合率と再現率の調和平均であるF値を用いる。各機械学習モデルによる識別精度、同時撮影を行う人毎の識別精度を表1に示す。

(1) センサデータを用いたラベル付け

センサデータの活用により、約88.9%の骨格データに対して自動ラベル付けを達成した。実際

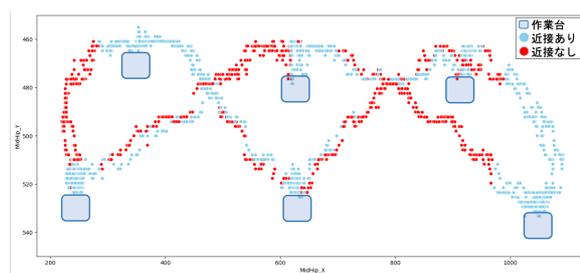


図 2 骨格座標と近接ビーコンの関係

表 1 撮影人数とモデル別精度比較

	GCN	GC-LSTM
2人	0.89	0.90
4人	0.75	0.78
6人	0.76	0.76

の製造現場においても、適切なビーコン配置によりラベル付けの省力化が可能だと考えられる。図2に被験者Aの骨格座標と近接判定されたBLEビーコンの関係を示す。

(2) 撮影作業者の影響

表1に示したように、人数が少ない場合は精度が高いものの、多くなるにつれて精度が下がる。特に、身長差が数cm程である作業者の識別に課題が残されている。人数が多い工程については、センサと動画のマルチモーダル学習への拡張等を検討する必要がある。

5. おわりに

製造現場の作業者を対象に、センサデバイスから取得される近接判定を活用した骨格データのラベル付け手法および個人識別手法を提案した。実験により、作業台滞在時のラベル付けと、撮影距離が変化する状況下での個人識別がある程度の精度で可能であることを示した。今後は、製造現場での実証実験を行い、現場適用時の課題について検討を進める。また、マルチオブジェクトトラッキングを用いて作業台間の移動追跡とラベル関連付けを行い、作業者を常に個人識別可能なシステムへ拡張する予定である。

参考文献

- 1) Kudou, D., Horikawa, M., Furudate, T., Okamoto, A.: Indoor Positioning Method Using Proximity Bluetooth Low-Energy Beacon, *Proceedings of the 17th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference* (2016)
- 2) 小村皓大, 堀川三好, 岡本東: センシングデータと骨格データのマルチモーダル学習による作業者の動作推定, *日本経営工学会論文誌*, Vol.74, No.2, pp.31-39 (2023).