

ヒト骨格情報と物体位置情報を用いた 作業工程の自動推定アルゴリズム

作業者が各時点で実行している動作の記述を行う時間分析は、Industrial Engineering (IE) の代表的な分析手法である。時間分析によって対象作業の中の「ムダ」な動作を検出し改善作業を行うことで、作業効率の大きな増加が見込まれる[1]。しかしながら、従来は人がビデオ映像などを見ながら手作業で各時点での動作の分類・ラベル付を行っていたため、分析に要する時間の大きさが問題となっていた。そこで本研究では、この問題点を解決するため、機械学習技術を用いて、ピックアッププレース作業における作業工程の自動推定アルゴリズムを開発した[2]。

人の動作認識、作業認識は近年の機械学習分野において主要な研究領域の一つであるが[3]、本研究のように産業場面での人作業を対象とした研究は比較的少なくなっている。その要因として、人の情報のみでなく、人と物体の相互作用も考慮する必要した認識を行う必要があることが挙げられる。そこで、本研究では、この問題に対処するため、図 1 に示すような人動作認識、作業工程の自動推定アルゴリズムの開発を行なった。

具体的には、本研究では作業の様子を写したビデオカメラの映像から、骨格認識アルゴリズムで人の骨格情報、物体検出アルゴリズムで物体の位置情報を検出し、両者の時間変化を入力データとして、Bi-LSTM（長・短期記憶ネットワーク）に入力し、各時点での作業工程の記述を行なった。このように「ヒトの情報」としての骨格情報と、「モノの情報」としての物体の位置情報の両者を考慮することにより、人が物体を搬送するという相互作用の関係を効果的に記述することが期待される。最終的には、これらの情報を用いて各時点での作業の様子を 5 つの動作ラベルで記述することにより、どの動作が最も時間を要するボトルネックとなっているか、あるいは手待ち (Idle) の時間はどの程度であったか等の時間分析の結果を可視化する。

提案したアルゴリズムの有効性を検証するため、出力されたラベル情報を用いて、作業の遅延（ここでは、その作業者の平均作業時間からの偏差）を予測する実験を行った。具体的には、左右の手のラベルの非対称性などのパラメータを考慮した重回帰モデルを構築し、それに基づく作業遅延の推定を行った。結果としては、モデルの説明率は全ての課題において 50% を越えており、提案手法で作業時間の分散の半分近くを説明できることがわかった。今後は本研究の結果を受けて、自動フィードバックシステムの開発や、認識モデルのさらなる精度改善を行っていく。

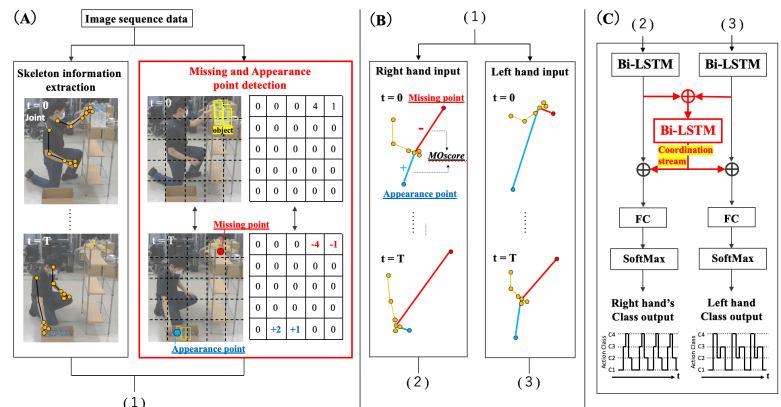


図 1. 提案システムの全体像.

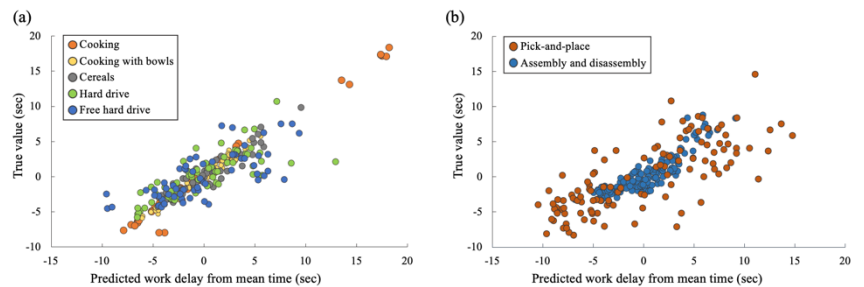


図 2. 作業遅延の推定結果.

Keywords: 動作認識, 物体認識, 機械学習, 骨格抽出, 時間分析

References

- [1] Barnes, R. M. (1991). Motion and time study: design and measurement of work. John Wiley & Sons.
- [2] Takamido, R., & Ota, J. (2024). Action recognition and subsequent in-depth analysis for improving the time efficiency of bimanual industrial work. *IEEE Access*.
- [3] Zhang, H. B., Zhang, Y. X., Zhong, B., Lei, Q., Yang, L., Du, J. X., & Chen, D. S. (2019). A comprehensive survey of vision-based human action recognition methods. *Sensors*, 19(5), 1005.