

深層学習技術を利用した

インダストリアル・エンジニアリングの効率化に関する研究

長崎大学大学院工学研究科

村井 浩一

日本国内の製造業の状況について、短期的に見ると新型コロナウイルス感染症の影響による業績低迷があげられるが、中期的に見ると人材不足が重要な課題としてあげられている。人材を十分に確保できない状況下でこのような企業が発展していくためには、労働生産性の向上が重要であり、製造現場ではそのための手段の一つとして、インダストリアル・エンジニアリング（IE）を用いた改善活動が行われている。IEとは、勘や経験などの主観に頼っていた製造現場での改善活動に代わり、改善対象に対して公平で客観性のある基準を用いて科学的にアプローチし、ムダをなくし価値を最大限に引き出すための手法である。しかし国内の多くの中小製造業においては、IEを用いた改善活動を推進していく人材も不足しており、IEを定着できている企業は一部に限られている。

そこで本研究では、IE手法に対してデジタル技術を用いることにより、製造現場での改善活動や人材育成を効率的に進めることができるシステムについて研究を行った。製造業におけるデジタル技術の活用については、改善活動や人材育成および、能力開発に有効な手段であることが既に認められている。しかし、中小企業を中心とした製造業においては、デジタル技術を活用できるIT技術者の育成や確保は容易ではないという課題もあげられている。この問題を解決するために本研究では、デジタル技術の一つとして深層学習を利用した。深層学習は、従来人間が自然に行うタスクをコンピュータに学習させ、実行することができる技術であり、その学習に使用する特徴量についても、学習時にデータから自動的に抽出される仕組みとなっているため、高度なIT技術や統計に関する専門知識を用いた特徴量の設計などを必要としない。これにより、IEやITに関する専門知識を持つ人材が不足している状況においても、深層学習技術がIE活動におけるタスクの一部を担当するという形で、効率的に改善活動や人材育成を進めることが可能になるものと考えられる。

本研究ではいくつか存在するIE手法のなかでも、伝統的手法でありIEの基本とされる「時間研究」と「動作研究」に着目した。「時間研究」とは、作業の標準化を定めることや、作業に含まれるムダな要素を発見し、その排除や改善を行うことを主な目的としたIE手法である。本研究では、標準作業や標準作業時間に基づいて、製造現場での作業を監視するための方法論について対象とした。具体的には、カメラを用いて製造現場をリアルタイムで監視し、作業時の画像から作業手順の誤りや作業時間の乖離などが検出された際に管理者へ通知

するとともに、作業者に対しては動画を用いて正しい作業手順をティーチングする仕組みである。監視の基準には、作業分析ソフトであらかじめ分析された標準作業と標準作業時間を用い、監視の仕組みには、作業分析時の作業動画から生成したデータで学習した畳み込みニューラルネット（CNN）を用いた。つまり、IEによる作業分析結果を有効活用することにより、監視基準に対して客観性や合理性を持たせるとともに、CNNを利用する際の課題とされる学習データの準備にかかる時間と労力を大幅に軽減することを可能とした。本研究では、金具組み立て作業全体と、その中のボルト締め付けの作業を対象に、粒度の異なる2種類の作業で評価実験を行い、本手法の有効性について明らかにした。

続いて「動作研究」とは、作業の中に含まれる人間の身体動作と目の動きを分析し、非効率な動作の排除や、動作の組み換えなどにより、最良の方法を定めるためのIE手法である。本研究においては、製造現場の画像から作業者の特徴となる動作を抽出し、熟練技能者と非熟練者との間で比較することにより、効率的な動作とムダな動作を相対的に評価するための方法論について対象とした。作業動作の特徴を抽出するためには、作業者の身体の一部や使用する工具の位置について時系列データとして把握する必要がある。本研究では、まず物体内の検出対象箇所に対する画像座標系の座標位置を予測するために、回帰用のCNNにより、検出対象箇所のヒートマップ情報を予測する方法を用いた。次に、作業動作の分類については、検出された物体の検出対象箇所の座標を時系列データとして並べ、分類用のCNNを用いて分類する仕組みとした。本研究ではスパナによるボルト締め付け作業を対象に評価を行い、作業動作の特徴抽出および、熟練技能者と非熟練者との間で動作の特徴を比較することにより、動作の違いと改善すべき課題を見つけることが可能であることを明らかにした。また、溶接作業を対象に本手法の汎用性に関する評価を行い、有効性と課題について明らかにした。

今後の展望として、他のIE手法に対しても同様に深層学習技術を利用し、改善活動や人材育成を効率的に進めることができる仕組み作りを目指して、研究を進めたいと考えている。