

## 審査の結果の要旨

氏名 三木 大輔

多変量時系列データから異常を検知する技術は、故障診断や状態監視を実現するために重要な技術である。特に深層ニューラルネットワーク（Deep Neural Network, DNN）を用いた手法は、その表現能力の高さから時系列データを解析する上で有用な手法であるが、実システムに適用するためには事前に膨大なデータを用いた学習によりそのパラメータを最適化することが必要である。そのためには解析する時系列データおよびその異常を決定付ける上で重要な特徴を含む箇所に対してアノテーションを付与し、学習を行うことが必要であったが、データに複雑な特徴が含まれている場合には学習が困難であった。三木氏の論文では、このような課題に対して DNN モデルの学習手法を提案し、時系列データに潜在する特徴を自動的に抽出し、異常を検知可能な DNN モデルを得ることを可能としている。

論文は 6 つの章から構成されている。

第 1 章では、東日本大震災後の福島第一原子力発電所事故のような事故を引き起こさないために、地震や津波等の天災のみならず枢要機器の故障や不具合、テロリズム等のあらゆる脅威を想定し、それらに対して万全な対策を講じることが必要であることを述べ、原子力関連施設に求められる状態監視技術と映像解析技術についてまとめ、本研究の課題と目的を導き出している。

第 2 章では、時系列データから異常を検知するための DNN モデルおよびその学習手法に関する検討がされている。三木氏は、マルイチインスタンス学習およびランク学習に着想を得た方法を採用することで時系列データの各時点における異常度に関する真値を必要とせずに DNN モデルの学習を行い、データにおける異常を含む箇所のみに対して高い値を推定するように DNN モデルの学習が可能であることを述べている。

第 3 章では、提案した DNN モデルについて、異常の検知のみならず識別を可能とするための DNN モデルの構造および、学習手法の改良について解説されている。実験では、軸受に装着された加速度センサから取得された時系列データに対し、異常を含むデータに対してそれぞれの異常を含む箇所に特徴的な波

形に対して高い推定値を示したほか、適切に異常が識別され、本手法が軸受故障診断へ応用可能であることを示している。

第 4 章では、広角画像の歪みに頑健な人物姿勢の認識のため、三木氏は注目点検出器および画像補正量推定器から成る新たな DNN モデルおよびその学習手法を提案している。実験では水平方向  $0^{\circ}$  から  $70^{\circ}$  の範囲内に存在する人物の姿勢を良好な精度で認識可能であり、従来手法と比較して近距離および広角での認識が可能であることを示している。

第 5 章では、提案した DNN モデルの人物動作解析への応用について述べられている。特に人物動作解析のため、DNN モデルには時空間グラフ畳み込みネットワークを適用した。評価では、提案手法により人物の行動識別が可能であり、従来手法の識別精度を同等に保ちながら同時にローカライゼーションが可能であることを示した。また、提案手法により学習された DNN モデルを用いて人物の不自然な動作を検知可能であることを確認した。これらの結果は、局所的なアノテーションの付与が困難な膨大なデータセットを扱う際や、人物の危険な動作や不自然な挙動といった曖昧な人物動作に関する情報を含むデータから特定の動作の識別およびローカライゼーションが可能であることを示唆するものである。

第 6 章は結論と今後の課題である。DNN モデルを用いた多変量時系列データからの異常検知、特に異常度の真値を把握することが困難な弱教師あり多変量時系列データを用いて DNN モデルを学習することで異常検知が可能であり、本手法が動的機器の故障診断や、原子力関連施設において作業員が危険な行動、または危険な状態に陥っていないか客観的に把握するシステム等に適用できる可能性があるとされている。

本研究では、時系列データに潜在する特徴を自動的に抽出し、異常を検知可能な DNN モデルおよびその学習手法を提案し、動的機器の診断や人物動作データ解析において有効性を示した点で、学術的に有意義であると言える。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。