

学 位 論 文 の 要 旨

人工知能による信号処理
～ データ解析および異常検知への応用 ～
Signal Processing by Artificial Intelligence
～ Application to Data Analysis and Anomaly Detection ～

氏 名 岡 大 輔 印

現実世界の課題に対して人工知能技術を用いて解決に取り組む研究が活発になされている。特に人工知能技術において中核をなす機械学習アルゴリズムを用いた手法が開発されつつあり、実用化が期待されている。分類問題に対して従来のルールベースアプローチを適用することは分類精度や汎化性に限界が見られている。機械学習では観測事例を基に学習器の訓練を行うことで、分類問題や回帰問題を精度よく解決することが示される事例が増えている。製造業において製品検査は必須かつ重要な工程であるが、その多くは検査員により行われている。労働人口減少が進行している中で検査員を確保することが困難となりつつあり、検査の自動化が求められている。検査はある種の分類問題であり異常検知問題とも捉えることが可能であり、機械学習の有用性が期待される分野となっている。

本研究では、検査および異常検知のシステム開発を目標とした。その中でも機械学習アルゴリズムを用いた官能検査の自動化が進みつつあるが、実用化については多くの課題を残している。我々は自動車部品に対するオンライン打音検査システムの研究開発を行ってきた。オンラインかつリアルタイムで検査が行われる自動車部品検査では1部品当たりの検査完了時間に上限が与えられるため、高速に検査が可能な検査システムの開発を行った。短時間で減衰する打音を正確に採取し、少ない計算リソースで高速演算可能なサポートベクターマシンを使用した。現在、リアルタイム制約を遵守しつつ、検査の正解率が99.8%を達成する検査システムを開発し実用化した。

別種の検査として鋼管柱の欠陥検出検査がある。従来は外観検査が行われてきたが、欠陥は目に見えない地下部に発生することもあり、そのような欠陥を検出するために打音による検査を研究してきた。打音検査はひとつのハイブリッドツインと捉えることが可能である。現実世界のシステムにより得られた打音をデジタルツインおよびバーチャルツインで解析し、結果をシステムにフィードバックすることで、最適化が行われる。打音に対してSOM(Self-Organizing Map)を適用し、生成されたマップを用いることで、健全や欠陥

などの状態がクラスタリング可能であることを示した。しかしながら、SOMによる生成マップの適用可能性についてはこれまで議論が十分になされていなかった。そのため鋼管柱の打音に対してSOMを適用し、生成されたマップの解析を行うことで適用可能性を評価した。その結果、未知の学習データに対して、既知のデータの境界領域にマッピングされることが確認された。そのため、未知のデータを改めて訓練することで、健全と欠陥を分類可能なマップが生成されることが確認された。また、境界領域にマッピングされるという性質を用いることで、データのスクリーニングに適用可能であることを示した。

異常検知の問題として樹木の衰退度を推定する問題がある。衰退した樹木は倒木する可能性が高く、年に数件の事故が発生している。樹木を維持・管理していくうえでは、精確な診断が必要とされている。それに加えて、診断にあたっては簡便かつ非破壊評価が可能であることが望まれている。そのため、樹木の生体電位を長期間測定してきた。測定された電位を解析した結果、生体電位は気温、大気圧、湿度、蒸気圧、降水量、潮汐などの気象学的要因により変動することが明らかとなった。また、健康な個体と衰退している個体では、電位変動のパターンに差異が見られことが分かった。特に、個体間における電位の相関係数、微分曲線と周期的特徴に差異が認められた。これらを指標とすることで、生体電位から樹木の衰退度を推定する手法を開発した。

学 位 論 文 の 要 旨

人工知能による信号処理
～ データ解析および異常検知への応用 ～
Signal Processing by Artificial Intelligence
～ Application to Data Analysis and Anomaly Detection ～

氏 名 岡 大 輔 印

Research is being actively conducted to solve real-world problems using artificial intelligence technology. In particular, methods using machine learning algorithms, which are the core of artificial intelligence technology, are being developed and are expected to be put into practical use. Applying the conventional rule-based approach to the classification problem has limitations in classification accuracy and generalization. In machine learning, there are an increasing number of cases in which it is shown that classification problems and regression problems can be solved accurately by training learners based on observation cases. Product inspection is an essential and important process in the manufacturing industry, but most of it is performed by inspectors. As the working population is declining, it is becoming difficult to secure inspectors, and automation of inspections is required. Inspection is a kind of classification problem and can be regarded as an anomaly detection problem, and it is a field where the usefulness of machine learning is expected.

The goal of this study was to develop a system for inspection and abnormality detection. Among them, the automation of sensory tests using machine learning algorithms is progressing, but many problems remain for practical use. We have been researching and developing an online hammering sound inspection system for automobile parts. In automobile parts inspection, which is performed online and in real time, an upper limit is given to the inspection completion time per part, so we have developed an inspection system that enables high-speed inspection. We used a support vector machine that can accurately collect hammering sounds that decay in a short time and perform high-speed calculations with a small amount of calculation resources. Currently, we have developed and put into practical use an inspection system that

achieves an inspection accuracy rate of 99.8% while observing real-time constraints.

Another type of inspection is defect detection inspection for steel pipe columns. Conventionally, visual inspection has been performed, but defects may occur in the invisible underground part, and in order to detect such defects, we have been studying inspection by hammering sound. The hammering sound inspection can be regarded as one hybrid twin. Optimization is performed by analyzing the hammering sound obtained by the real-world system with a digital twin and a virtual twin and feeding back the result to the system. By applying SOM (Self-Organizing Map) to the hammering sound and using the generated map, it was shown that states such as non-defects and defects can be clustered. However, the applicability of SOM-generated maps has not been fully discussed so far. Therefore, SOM was applied to the hammering sound of the steel pipe column, and the applicability was evaluated by analyzing the generated map. As a result, it was confirmed that the unknown training data is mapped to the boundary area of the known data. Therefore, it was confirmed that by training the unknown data again, a map that can classify the non-defects and the defect is generated. We also showed that it can be applied to data screening by using the property of being mapped to the boundary region.

As a problem of anomaly detection, there is a problem of estimating the degree of decline of trees. Declined trees are more likely to fall, and several accidents occur each year. Accurate diagnosis is required to maintain and manage trees. In addition, it is desired that simple and non-destructive evaluation is possible for diagnosis. Therefore, the bioelectric potential of trees has been measured for a long period of time. As a result of analyzing the measured potentials, it was clarified that the biopotential fluctuates due to meteorological factors such as temperature, atmospheric pressure, humidity, vapor pressure, precipitation, and tide. It was also found that there was a difference in the pattern of potential fluctuation between healthy individuals and declining individuals. In particular, there were differences in the correlation coefficient of potential between individuals, the differential curve, and the periodic characteristics. Using these as indicators, we have developed a method for estimating the degree of tree decline from the bioelectric potential.