

渦電流探傷のデータを活用した配管の状態把握・管理支援のための XR 技術の開発

近畿大学大学院システム工学研究科 中島 空

1.はじめに

渦電流探傷試験は、火力発電のプラントなどにある熱交換器の伝熱管の経年劣化などによる摩耗、腐食などの調査に用いられている^[1]。本研究室と共同研究を行っている CXR 株式会社では、渦電流探傷試験により熱交換器の配管を検査したデータの中から、最も深い欠陥をもつ複数の配管のみを顧客に提示している。これでは、欠陥発生の原因特定や劣化予防策立案などを行うのは困難である。そこで、本研究では、欠陥の位置や形状などの情報を含む全測定データから配管状態を推定・可視化することで、伝熱管の健全性評価・安全管理を支援する技術の開発を行っている。

2.非破壊検査データを用いた配管状態の

推定

現在の渦電流探傷では、配管を検査した際の複素電圧データから、欠陥応答信号を抽出し、複素平面上に描いたリサージュ図形のピーク点の振幅・位相を利用し、最大の減肉率を算出している。しかし、上記の方法では、配管の最大深度の欠陥の減肉率のみが抽出されるため、他の欠陥や管全体の情報が得られない。そこで、本研究では、時系列データである測定された電圧の欠陥応答信号の in-phase 成分および out-of-phase 成分全てを扱い、Long Short Term Memory

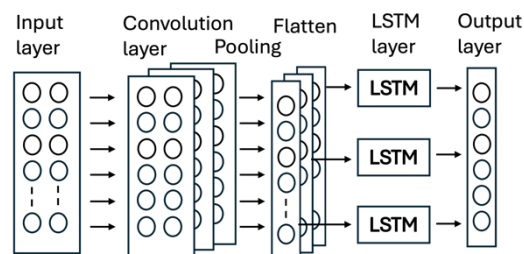


図 1.CNN-LSTM のモデル図

(LSTM)^[2] に Convolutional Neural Network (CNN) を組み合わせた学習・推論プログラムを開発している。図 1 に示すような開発した AI モデルを用い、共同研究先から提供された 7 つの欠陥が入った 1 本の配管のテストピースデータから欠陥形状の推論を試みたている。また一般的に、ディープラーニングには大量の学習データが必要であり、データ数を増やすため、電磁界解析ソフト JMAG^[3]を用いて、配管を渦電流探傷した際に得られる電圧のシミュレーションを行っている。現場で想定されるような孔食、減肉に近い欠陥を配管に配置して解析し、学習データとして用いる予定である。

3.欠陥情報の可視化・具現化技術

2 章のモデルで配管全体の状態を推論し、それらを可視化する技術を開発している。ここでは、現在の検査データから得られる欠陥の位置、深さ、体積を反映させたカラーマップを作成し、テクスチャーとしてスクリーンに配置した配管モデルに貼り付ける

ことで、具現化・可視化するプログラムを Unity で開発している。開発中の配管モデルを図 2 に示す。ここでは、欠陥の位置の円周にわたって、減肉率が 100%で赤から 0%で青を示すようなカラーコンターマップを配管モデルに貼り付けている。

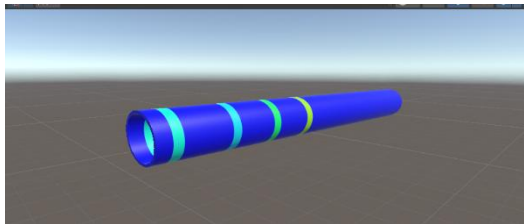


図 2.カラーマップを貼り付けた配管モデル

4.まとめ

本研究では、欠陥形状を推定することで配管全体の状態把握・管理する支援技術の開発を行っている。欠陥の推定では、LSTM, と CNN を組み合わせて欠陥形状の推論を行う AI モデルを開発したが、学習データが足りず、欠陥の推定には至らなかった。推論結果の可視化では、カラーマップや Unity を用いて、配管モデルを作成した。今後は、現実が発生する孔食、減肉に近い欠陥を模擬したデータを学習させ、現在の分析法では検出が困難な欠陥形状を分類できるような AI の開発を行っていく。また、それらの機能を統合した具現化・可視化する XR プログラムの開発を行う。

参考文献

- [1]吉田和行, ”渦電流探傷試験 I ”, 一般社団法人 日本非破壊検査協会, (2023)
- [2] W. Lu, J. Li, Y. Li, A. Sun, and J. Wang,

'A CNN-LSTM-Based Model to Forecast Stock Prices', (2020), Hindawi Complexity Volume 2020,p.10

[3] JSOL Corporation, 'JMAG プロダクト', <https://www.jmag-international.com/jp/products/>, 2024 年 12 月 4 日