フランジの AI 診断に関する検討

Study on Flange Diagnosis using AI

*礒部 仁博，松永 嵩，小川 良太
原子燃料工業株式会社

フランジ漏洩とその予兆に関する AI 診断の可能性を検討するために、AE センサを用いたポータブル振動計測システムにより、フランジ実験ループで漏洩試験を行った。ガスケットが健全状態と漏洩には至らない劣化模擬を段階的に増加させた状態の計測信号を CNN（畳込みニューラルネットワーク）により学習・検証することで AI 診断の可能性と課題を整理した。
キーワード：フランジ診断，AE センサ，デジタル振動計測，漏洩，AI

1. 緒言

フランジの目視点検による漏洩／変形等の異常確認や定期的な分解点検を補助するために、AE センサを用いたポータブル振動計測システムによるフランジ診断技術の開発を進めている[1]。具体的には AE センサをフランジに設置し、計測された音響の生波形（振幅値、スパイクノイズ）、その周波数分布（周波数成分）から健全性を確認する。一方で、フランジの状態と計測される音響信号との非線形関係を DB 化して、AI により学習することで状態監視技術を構築することは有益であると考えられる。

2. フランジ漏洩の AI 診断

フランジ実験ループの漏洩試験の例として、呼び径 40A のフランジ（ボルト穴 4）のガスケットが健全状態と漏洩には至らない劣化模擬を 4 段階で増加させた状態において、流速一定で AE センサを用いて 20 秒間の振動を計測した。それぞれの振動波形を 0.1 秒単位に 200 分割して（図 1）、さらに全 1000 データをランダムに 6 分割し、交差検証法で AI 診断の汎化性能を評価した。表 1 には CNN の学習条件をまとめる。出力層では健全と 4 段階の劣化模擬を one-hot ベクトルで学習した。図 2 に交差検証時の学習に伴う精度と誤差の推移を示すが、過学習は見られず汎化性能が確認された。また検出精度は 80%程度であり、概ねフランジガスケットの劣化状態の分類が可能であることが示唆された。

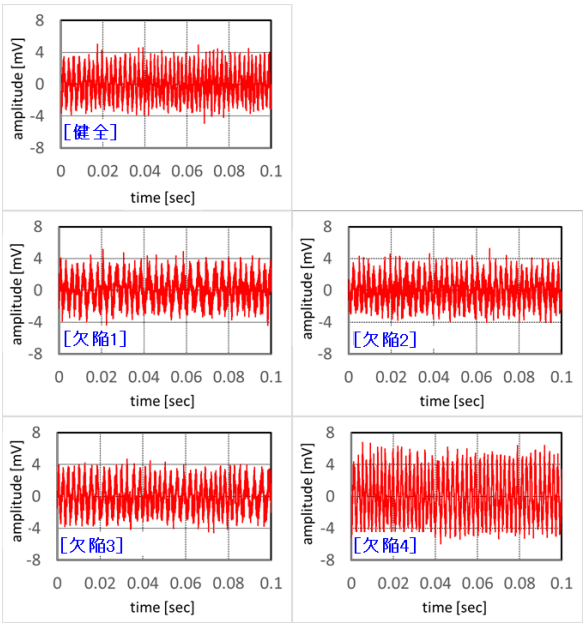

図 1　AE センサを用いたフランジ振動計測の例

表 1　CNN の学習条件の例

層	フィルタ情報（個数、サイズ、ストライド）	出力形状
入力層	-	25000 × 1
畳込み層1	20, 20, 10	2500 × 20
畳込み層2	20, 20, 10	250 × 20
プーリング層1	-, 5, 5	50 × 20
全結合層1	-	1000
全結合層2	-	50
全結合層3	-	5

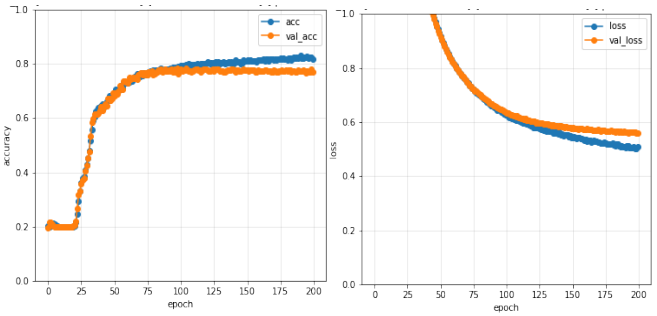

図 2　CNN による学習・検証結果の例

3. 結論

フランジ実験ループにより AE センサを用いて計測された振動波形から、フランジの漏洩とその予兆に関する AI 診断の可能性が示唆された。今後は CNN の設計の工夫により所謂、回帰問題としてフランジ劣化状態の定量評価、並びに最終的には漏洩前の兆候（漏洩までの期間）の診断を目指している。

参考文献

[1] 小川良太，礒部仁博，鈴木峻史，服部功三，関口昭司，三浦進，森下直樹,“デジタル計測によるフランジ診断の検討”, 日本原子力学会 2021 年秋の大会，オンライン, 2021 年 9 月 8-10 日.

*Yoshihiro Isobe, Takashi Matsunaga and Ryota Ogawa
Nuclear Fuel Industries ltd.