

教師なし学習に基づく液中ガスリークの音響異常検知

Acoustic Anomaly Detection of Gas Leakage in Liquid Based on Unsupervised Learning

*三上 奈生¹, 相澤 康介¹, 栗原 成計¹, 植木 祥高²

¹JAEA, ²東京理科大

ナトリウム冷却高速炉における蒸気発生器伝熱管水リークの早期検出を目的として、教師なし学習に基づく音響計の基本的成立性を検証した。累積分布を仮定した受信者動作特性曲線の推定および曲線下面積の算出を行った結果、曲線下面積は良好な値を示し、教師なし学習に基づく音響計の有用性が十分に示された。

キーワード：気液二相流，音響計，機械学習，教師なし学習

1. 緒言

ナトリウム冷却高速炉では、ナトリウム-水反応による伝熱管破損伝播を防止する観点から、蒸気発生器伝熱管からの水リークを早期に検出することが重要である。応答性に優れた音響計は、ノイズ音とリーク音の分離が主要課題とされている。この課題に対し、本研究では異常データの事前取得を必要としない教師なし学習に着目し、その一手法であるオートエンコーダを援用した音響計の基本的成立性を検証する。

2. 研究方法

短時間フーリエ変換 (STFT) , 連続ウェーブレット変換 (CWT) , シンクロスクイズドウェーブレット変換 (SWT) を用いてノイズ模擬音・リーク模擬音の時間周波数表現を作成し^[1], オートエンコーダの学習を行った。また、検査値の累積分布に正規分布・ベキ正規分布を仮定して受信者動作特性 (ROC) 曲線の推定を行い^[2], オートエンコーダの性能評価指標となる ROC 曲線の曲線下面積 (AUC) を算出した。

3. 主たる結果と結言

信号対ノイズ比 (SNR) を 0, -4, -8, -12, -16, -20 dB と変化させた場合について、オートエンコーダの性能評価を行った。検査値の累積分布に最も適合したベキ正規分布を用いて ROC 曲線を推定し、AUC を算出した結果を Fig. 1 に示す。各条件において、SWT に基づく時間周波数表現を入力とするオートエンコーダが最も高い AUC を示した。また、SNR = 0, -4, -8, -12 dB では AUC > 0.9, SNR = -16 dB では AUC > 0.8, SNR = -20 dB では AUC > 0.6 となり、全条件において一般的に識別が成功したとされる AUC (= 0.6)^[3]以上の値を示した。この結果から、異常データの事前取得を必要としない教師なし学習に基づく音響計により、SNR = 0 ~ -20 dB のノイズレベルにおいて液中ガスリークの異常を検知できる見通しを得た。

謝辞

本研究は、経済産業省からの受託事業である「令和3年度高速炉に係る共通基盤のための技術開発」の一環として実施した成果および日本原子力研究開発機構のスーパーコンピュータ「HPE SGI8600」を利用して得られた成果を含むものである。

参考文献

- [1] N. Mikami et al., *International Journal of Multiphase Flow* 171 (2024) 104688.
 [2] 下川敏雄, 後藤昌司, *計算機統計学* 23 (1) (2010) 1-23.
 [3] B. J. Wolf et al., *Arthritis & Rheumatology* 68 (8) (2016) 1955-1963.

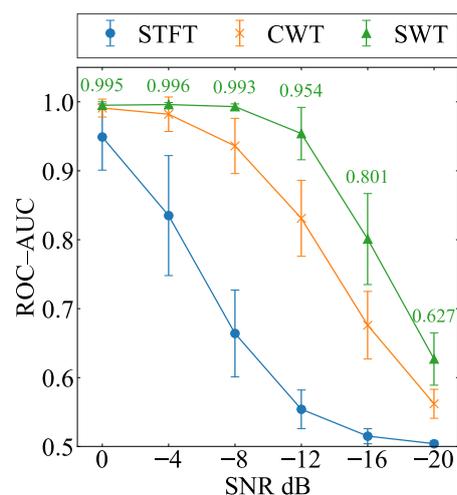


Fig. 1 Comparison of ROC-AUC.

*Nao Mikami¹, Kosuke Aizawa¹, Akikazu Kurihara¹ and Yoshitaka Ueki²

¹Japan Atomic Energy Agency, ²Tokyo University of Science