

機械学習による BWR LOCA 破断状況の推定手段の開発

Development of Estimation Measure for BWR LOCA Break Condition

Using Machine Learning Technology

*藤原 大資¹, 白井 浩嗣¹, 山口 龍之介¹

¹テプコシステムズ

原子力発電所における過酷事故対応高度化に係る活動の一環として、BWR における LOCA 破断状況の推定に機械学習を活用することを検討している。本報告では、各種学習方法について破断面積、破断エレベーションの予測精度を比較し、実際の防災活動への適用性と課題を紹介する。

キーワード：BWR、過酷事故、LOCA 破断条件、機械学習、推定支援

1. 緒言 LOCA 発生時には多くのパラメータに急激な変化が見られ、それら挙動を総合的に判断することで破断状況（破断面積、破断エレベーション、破断系統）を推定し、その後の防災活動につなげる必要がある。なお、破断条件によってはこの事故進展が非常に早い状況が想定され、緊急時支援組織等における速やかな状況推定を支援する技術開発が望まれている。この背景の下、本検討では近年目覚ましい発展を遂げている機械学習を活用し、観測されたプラントパラメータに基づき LOCA 破断条件をより迅速且つ適切に推定する手法を開発する。まず、MAAP コードを用いて BWR LOCA 時の主要プラントパラメータをデータベース化し、これに基づき学習モデルを構築する。実際の事故時には、観測されたプラントデータをこの学習モデルに入力することで瞬時に LOCA 破断状況を推定する。なお、同様の技術開発は既に海外で PWR LOCA に対する数例の報告[1]があり、本検討はこれを BWR LOCA に適用するものである。

2. BWR LOCA データベースの整備 MAAP コードを用いて、LOCA シナリオ（無注水条件）に対する各種破断面積及び破断エレベーションの組み合わせに対する主要パラメータ変化をデータベース化する。対象とするパラメータは、LOCA 時に重要となる原子炉水位・圧力、格納容器圧力・温度・水素濃度・水位とする。なお、機械学習を容易とするために、各時系列データは時間積分を行い、且つ最大値を 1 に規格化する前処理を行う。

3. 学習モデル間の予測精度の比較 整備したデータベースの内、3 割を学習データ、7 割をテストデータとして活用する。機械学習には Python+scikit learn ライブラリを用い、ニューラルネットワーク、SVM、決定木、ランダムフォレスト、k-近似的法、ロジスティック回帰について推定精度を比較する。

4. 結論 一例としてニューラルネットワークを用いた場合の LOCA 破断面積、エレベーション推定結果を図 1 に示す。破断面積が小さい場合、エレベーションが高い場合の評価結果にばらつきが見られるもの

の、概ね良好な推定結果が確認でき、防災訓練における推定手段に活用できる見通しを得たと考える。なお、本結果は無注水条件に限定したものであり、より複雑な事故シナリオに対する適用についてはさらなる検討を要する。

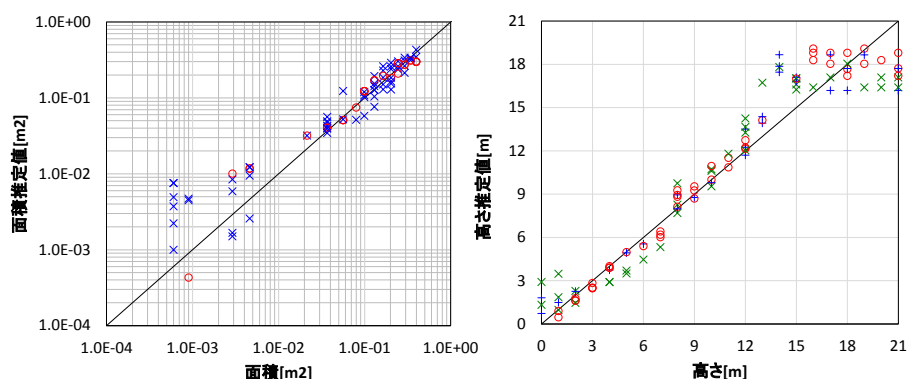


図 1 ニューラルネットワークによる LOCA 破断面積、エレベーション推定結果

参考文献

[1] “Prediction of severe accident occurrence time using support vector machines”, KAIST, Seung Geun Kim, et al.

*Daisuke Fujiwara¹, Hiroshi Shirai¹ and Ryunosuke Yamaguchi¹

¹TEPCO Systems Corp.,