

統計的安全評価における代替統計モデルの適用

(5) 交差検証法による統計的安全評価値の予測精度の検討

Application of Surrogate Models for Statistical Safety Evaluation

(5) Accuracy Evaluation of Prediction for Statistical Safety Value Using Cross Validation

*木下 郁男

原子力安全システム研究所

RELAP5 コードによる燃料被覆管最高温度の統計的安全評価に対して、代替統計モデルの適用性を検討している。本稿では、代替統計モデルによる 95%累積確率値の計算精度を確認する方法として、交差検証法の適用性を検討した。

キーワード：統計的安全評価，代替統計モデル，交差検証法，RELAP5

1. 緒言 代替統計モデルは、解析コードの入力と計算結果との関係を近似するように少数のサンプル(学習データ)から学習されたモデルである。代替統計モデルを統計的安全評価に適用するにあたっては、学習データ以外のデータに対する計算精度の確認が必要である。本研究では、代替統計モデルによる 95%累積確率値(以下 95%値という)の計算精度を確認する方法として、交差検証法[1]の適用性を検討した。

2. 解析方法 解析対象は PWR プラントの小破断 LOCA 時高圧注入系不作動事象(5 インチ破断)とした。本事象を対象に RELAP5 コードによる被覆管最高温度(PCT)の不確かさ解析(10 パラメータ、1024 サンプル)を行い、これから少数のサンプルを学習データとして不確かさ解析の代替統計モデル(2 次回帰および誤差関数としてガウス過程回帰を使用)を構築した。図 1 に、交差検証法の概念図を示す。交差検証法では各データが検証データと学習データとして利用されるため、交差検証法による評価は学習データ以外のデータに対して汎化性能があると考えられる。本研究では、学習データに対する交差検証法による 95%値の計算精度から、全データに対する 95%値の計算精度が推定可能か検討した。さらに、95%値を目標値とした適応的サンプリング[2]によって学習データを追加し、95%値の計算精度の収束性を検討した。

3. 解析結果 図 2 および 3 に、学習データ(93 サンプル)および全データ(1024 サンプル)に対する代替統計モデルによる PCT の累積分布関数を、RELAP5 による PCT の累積分布関数と比較して示す。学習データに対して、代替統計モデルによる 95%値は RELAP5 による 95%値と一致した。これは過学習であり、全データに対して、代替統計モデルによる 95%値は RELAP5 による 95%値を約 52K 過大評価している。一方、学習データに対して、交差検証法による 95%値は RELAP5 による 95%値を約 38K 過大評価しており、全データに対する計算誤差を凡そ推定できている。図 4 に、95%値計算の誤差の学習データ数に対する変化を示す。交差検証法によって、全データに対する 95%値計算の誤差を推定できることが分かる。

参考文献 [1] R. Kohavi, IJCAI'95, Vol.2, pp.1137-1143 (1995). [2] 木下郁男, 2019 年春の年会, 2K08.

*Ikuo Kinoshita, INSS

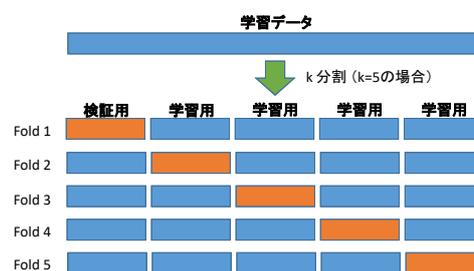


図 1 交差検証法の概念図

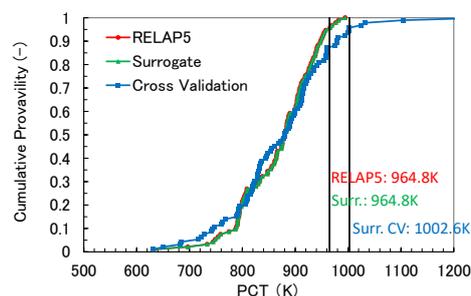


図 2 PCT の累積分布関数(学習データ)

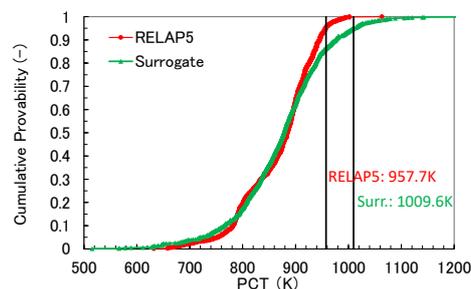


図 3 PCT の累積分布関数(全データ)

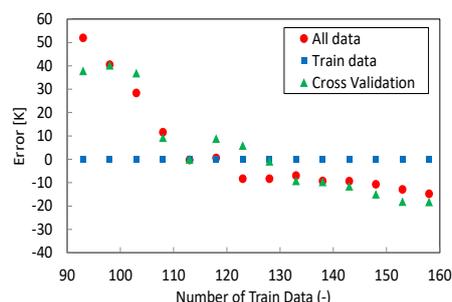


図 4 代替統計モデルの 95%値計算の誤差