

ダイナミック PRA における代替統計モデルの適用

(1) PCT の限界曲面予測への適用性に関する検討

Application of Surrogate Models for Dynamic PRA

(1) Investigation of Effectiveness for Limit Surface Prediction

*木下 郁男¹

¹原子力安全システム研究所

ROSA/LSTF の小破断 LOCA 時高圧注入系不作為事象模擬実験を対象に、RELAP5 コードによる燃料被覆管最高温度の限界曲面を予測する代替統計モデルを構築し、適応的サンプリング手法による限界曲面計算の効率と精度を検討した。

キーワード：ダイナミック PRA, 代替統計モデル, 限界曲面, 適応的サンプリング, RELAP5

1. 緒言 限界曲面は、入力パラメータの空間において計算結果がある成功基準に関して成功/失敗となる境界の曲面である。限界曲面の計算を効率的に行うためには、安全解析コードよりも計算コストの小さな代替統計モデルの適用が有効である。本研究では、適応的サンプリング法により限界曲面を予測する代替統計モデルを構築し、限界曲面計算の効率と精度を検討した。

2. 解析方法 解析対象は、小破断 LOCA 時高圧注入系不作為事象におけるアクシデントマネジメント策の蒸気発生器 2 次側強制減圧操作を模擬した ROSA/LSTF 低温側配管 1.0% 破断実験とした。本研究では、破断口径と減圧開始時間を不確かさの入力パラメータとした。少数の入力データの RELAP5 計算結果を学習データに使用して、ガウス過程回帰モデルにより被覆管最高温度 (PCT) の閾値を 1,000 K とする限界曲面を計算した。学習データのサンプリングには、ランダムサンプリング法と適応的サンプリング法[1]を使用した。適応的サンプリング法では、限界曲面を次のように計算した。初めに、少数の学習点 (4 点) をランダムに選んで限界曲面を予測し、次に、その限界曲面上から 1 点を選んで、それを学習点に追加して代替統計モデルを更新するという手順を繰り返して実施した。それぞれのサンプリング法による限界曲面の計算精度を、RELAP5 による直接計算結果と比較した。

3. 解析結果 図 1 および図 2 にランダムサンプリング法および適応的サンプリング法による限界曲面の計算結果を示す。赤は RELAP5 により計算した PCT が 1,000 K 以上の領域を示す。青はそれぞれのサンプリング法による代替統計モデルの学習点 (40 点) を示す。適応的サンプリング法のほうが、学習点は RELAP5 計算による限界曲面の近くでサンプリングされており、限界曲面は RELAP5 計算結果と良く一致していることが分かる。図 3 に、学習サンプル数に対する代替統計モデルで予測した失敗確率 (PCT が 1,000 K 以上) の収束過程を示す。適応的サンプリング法のほうが RELAP5 による計算結果に速く収束することが分かる。

参考文献 [1] C. Parisi, et al., BEPU2018-264 (2018)

*Ikuo Kinoshita¹, ¹INSS

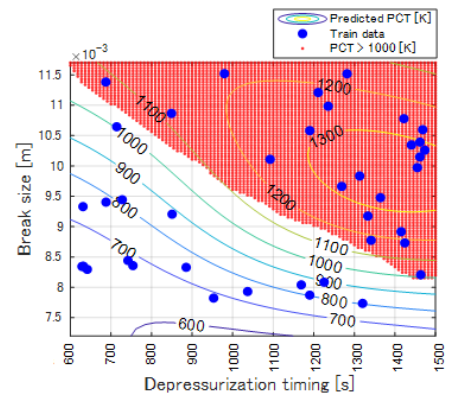


図 1 限界曲面計算(ランダムサンプリング)

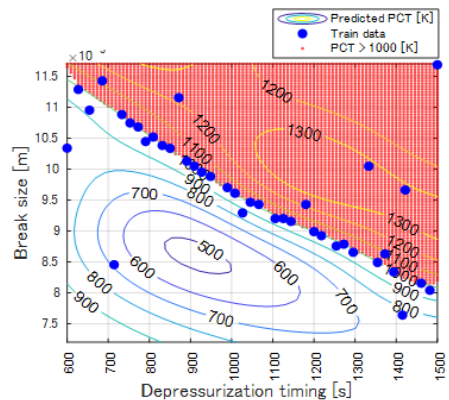


図 2 限界曲面計算(適応的サンプリング)

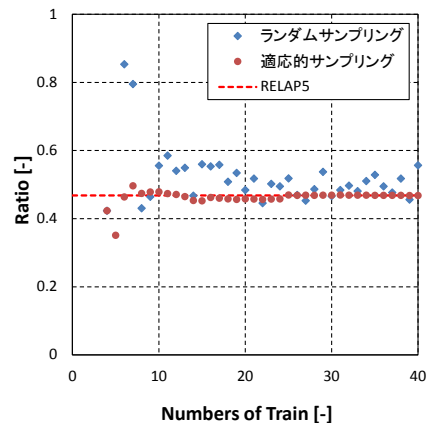


図 3 失敗確率の収束過程