

ハイブリッド遺伝的アルゴリズムを用いた臨界安全評価のための不均一効果計算の検討

Consideration of nonuniformity effect on criticality safety evaluation using hybrid genetic algorithm

*柴茂樹¹

¹原子力規制庁

MVP3.0 摂動計算機能を用いたインポートانس平坦化法に基づく不均一効果計算では、原子数密度に摂動を与えて臨界評価を行うため、多領域・多成分の体系では計算負荷が大きいという課題がある。そこで、新たに適応的遺伝的アルゴリズムとインポートانس平坦化法を組み合わせたハイブリッド型の不均一効果計算システムを構築し、計算負荷の低減を試みた。その結果、効率的に不均一効果が評価できることが明らかになった。

キーワード：ハイブリッド遺伝的アルゴリズム, MVP3.0 摂動機能, 不均一効果

1. 緒言

燃料デブリに係る臨界安全評価[1]では、燃料デブリの性状の不確かさが大きいために、保守的な評価モデルを作成し、不均一性や非均質性を考慮した臨界評価モデルに基づく臨界評価を実施する必要がある。不均一性を考慮した臨界評価については、MVP 摂動計算機能を用いたインポートانس平坦化法に基づく評価[2]を実施しているが、摂動領域ごとに核種の原子数密度の摂動計算を行っていることから多領域・多成分を持つ体系の燃料の不均一効果の評価では計算負荷が大きくなる。

本研究では、計算負荷を低減することを目的に、計算負荷が小さく、大域探索に優れた適応的遺伝的アルゴリズム (AGA) [3]と MVP3.0 摂動計算機能を用いたインポートانس平坦化法を組み合わせたハイブリッド遺伝的アルゴリズム (HGA) を構築し、試行的に2次元多領域体系の不均一効果の評価を実施した。

2. 評価手法及び解析条件

図1に示すHGAを用いた不均一効果の評価では、大域的な濃度分布の探索をAGAで行い、MVP3.0 摂動計算機能を用いたインポートانس平坦化法で局所的な濃度分布を評価した。なお、AGAからインポートانس平坦化法への切替は、実効増倍率の変動率等を指標に行った。

3. 解析結果

2次元円筒 $\text{UO}_2\text{-H}_2\text{O}$ スラリー体系 (燃料領域 R-Z 分割: 8×8) を対象に評価した不均一効果の計算結果例を図2に示す。不均一効果はAGAによる大域的な濃度分布の評価で、100世代以降、 3.0 \%dk/k となり、その後、150世代の濃度分布を用いて3回程度のインポートانس平坦化計算を実施することにより、インポートانس平坦化法単独で評価した参考値と同等な結果となった。本システムを導入することによりCPU時間で5分の1程度に計算コストを削減できた。

4. 結論

大域的な濃度分布の評価に優れたAGAと局所的な濃度分布の評価に優れたインポートانس平坦化法を組み合わせることにより、計算負荷を低減しつつ2次元円筒 $\text{UO}_2\text{-H}_2\text{O}$ スラリー体系の最適濃度分布を精度よく評価することが可能であった。

参考文献

[1] 放射性物質分析・研究施設第2棟に係る実施計画の変更認可申請について (臨界安全評価の見直しについて)。

[2] 柴、酒井「MVPの摂動計算機能を利用した臨界安全評価のための不均一効果の計算」2012年秋の大会 Q48。

[3] Srinivas, M., Patnaik, L. M., Adaptive probabilities of Crossover Genetic in Mutation and Algorithms. IEEE Trans. Syst. Man Cybern. 24 (4), 656-667.

*Shigeki Shiba¹ ¹ Nuclear Regulation Authority (NRA)

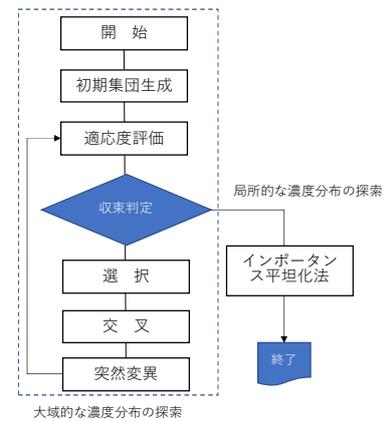


図1 HGAによる不均一効果の計算の流れ

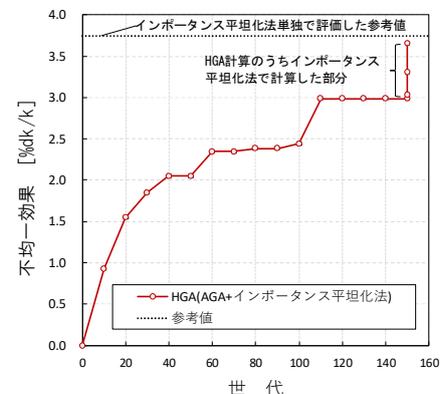


図2 HGAによる不均一効果計算結果例