

臨界安全解析用モンテカルロ計算ソルバーSolomonの開発

(1) ACE 形式に基づく衝突解析モデルの実装

Development of a Monte Carlo Solver Solomon for Criticality Safety Analysis

(1) Implementation of a Collision Analysis Model Based on the ACE format

*長家 康展¹, 羽倉 洋行²

¹原子力機構, ²ナイス

基礎臨界特性データのデータベースの作成に資するため、燃料デブリ体系を取り扱うことができる新規モンテカルロ計算ソルバーの開発を開始した。ACE 断面積表現形式に基づく衝突解析モデルを実装し、単純球体系に対する実効増倍率を計算することにより、衝突解析モデルが正しく実装されていることを確認した。

キーワード : Monte Carlo Solver, Solomon, Criticality Safety, Collision Analysis Model, ACE format

1. 緒言

東京電力福島第一原子力発電所の事故で生じた燃料デブリの回収作業では、性状の不確かさも考慮した燃料デブリの慎重な臨界管理が必要である。このような臨界管理方針の検討には、想定される燃料デブリ性状を網羅した基礎臨界特性データのデータベース (DB) を構築しておくことが重要であり、DB はデブリ性状を想定し臨界特性を解析することにより作成される。しかし、従来の臨界安全解析コードは性状が既知の燃料体系を取り扱うことを想定しており、性状が不確かで連続的に変化するような燃料デブリを含む体系を正確に取り扱うことはできない。そこで、モンテカルロ法 (MC 法) による乱雑化モデルにより、燃料デブリ体系をより忠実に取り扱うことができる新規モンテカルロ計算ソルバーの開発を進めている。以降、新規モンテカルロ計算ソルバーを Solomon (Solver of Monte Carlo) と呼ぶ。

2. モンテカルロ計算ソルバー

拡張性とメンテナンス性を考慮し、Solomon は C++言語で記述されている。連続エネルギーMC 法に基づくコードであり、断面積データ形式として MCNP コード[1]で用いられている ACE 形式を採用した。本作業では、ACE 形式の断面積を読み込み、単純な球体系で中性子のトラッキングを行い、実効増倍率が計算できる機能を実装した (非分離共鳴領域は無限希釈モデル)。検証計算として Solomon と MCNP5 を使い、高速球体系に対する実効増倍率 (k_{eff}) を計算した結果を表 1 に示す。1 サイクル当りのヒストリー数は 1 万で、スキップサイクル 100、有効サイクル 1 万で計算を行い、用いた評価済み核データは JENDL-4.0 である。両者の結果は 1 標準偏差の範囲で一致し、衝突解析モデルは正しく実装されていることが確認できた。

表 1 高速球体系に対して Solomon と MCNP5 を用いて計算した実効増倍率 (k_{eff}) の比較

体系 (ICSBEP[2] ID)	k_{eff} (Solomon)	k_{eff} (MCNP5)
Godiva (HMF-001)	$0.99757 \pm 0.00006^*$	$0.99757 \pm 0.00006^*$
Topsy (HMF-002)	$0.99753 \pm 0.00006^*$	$0.99751 \pm 0.00007^*$

*統計誤差は 1 標準偏差を表す。

3. 結論

燃料デブリ体系を取り扱うことができるモンテカルロ計算ソルバーSolomonの開発を開始した。ACE 形式に基づく衝突解析モデルを実装し、MCNP コードとほぼ同等の結果を与えることを確認した。今後は、非分離共鳴領域確率テーブル法の実装、熱中性子散乱モデルの実装、幾何形状表現の拡張などを行う予定である。

参考文献

[1] X-5 Monte Carlo Team, LA-UR-03-1987 (2003). [2] NEA Nuclear Science Committee, NEA/NSC/DOC(95)03 (2013).

本報は、原子力規制庁受託事業「東京電力福島第一原子力発電所燃料デブリの臨界評価手法整備」で得られた成果である。

*Yasunobu Nagaya¹, Hiroyuki Hagura²

¹Japan Atomic Energy Agency, ²NAIS Co., Inc.