

汎用中性子・光子輸送計算モンテカルロコード MVP の開発現状について

Development Status of MVP Monte Carlo Code for General Purpose Neutron and Photon Transport Calculations

原子力機構 ○長家 康展

Japan Atomic Energy Agency ○Yasunobu Nagaya

E-mail: nagaya.yasunobu@jaea.go.jp

[緒言] 連続エネルギーモンテカルロコード MVP は、20 MeV 以下の評価済み核データに基づく中性子・光子輸送計算用コードであり、1980 年代から日本原子力研究開発機構 (当時は日本原子力研究所) において開発されてきた。MVP コードは、炉心解析/炉心設計、臨界安全、原子炉遮へい等、原子炉での応用を目的として開発されている。中でも最もよく用いられているのが原子炉物理の分野で、臨界実験の解析や原子炉設計の参照解を導出するために用いられている。1994 年に第 1 版¹⁾を国内で公開し、2005 年に新機能を追加した第 2 版²⁾を公開した。それ以降、炉心解析に対する新しいモンテカルロ計算手法が開発され、MVP コードにおいても様々な機能拡張を行ってきた。本発表では、MVP コード開発の現状を報告し、これまでの機能拡張についてレビューする。

[コード概要] MVP コードは、中性子・光子輸送に対する固有値・固定源問題を解くことができ、中性子-光子結合計算も可能である。中性子・光子と原子核の相互作用は、評価済み核データで定義されている表現形式に基づいた物理モデルが用いられ、連続エネルギー計算が可能である。計算体系の記述方法は、組み合わせ幾何形状表現 (Combinatorial Geometry) を用いている。また、多重格子形状による幾何形状表現も可能であり、原子炉集合体のように同じ形状を繰り返し用いる体系の表現も容易である。モンテカルロ計算による統計誤差を低減するための分散低減法としては、ロシアン・ルーレット、スプリッティング、インポートランス、ウェイト・ウインドウ、パス・ストレッチングなどが利用できる。粒子源は、内蔵のサンプリング関数とデータ加工指示関数、論理関数を組み合わせることによってフレキシブルな指定が可能である。入力データにおいて、ユーザ定義の変数を用いることができ、パラメトリック・サーベイ計算も容易に行うことができる。標準並列ライブラリ MPI を用いた並列計算にも対応している。

[特徴的な機能] MVP に実装されている特徴的な機能は以下の通りである。1) 任意温度計算：原子炉の炉心解析では、中性子と原子核との相互作用における共鳴断面積のドップラー広がりが必要であるが、ユーザが入力データで温度を指定するだけでコードが自動的に指定温度の中性子反応断面積を用意し、任意温度の計算可能。2) 燃焼計算：ソースコードにバンドルされている燃焼計算モジュールを用いて、原子炉の燃焼に伴う核種生成量の計算が可能。3) 確率論的幾何形状モデル：高温ガス炉では被覆燃料粒子が用いられ、膨大な数の粒子が燃料コンパクトや燃料球に充填されているが、それらを陽に配置することなく、確率的にランダムな位置に配置し、計算できる。3) ファインマン- α 実験のシミュレーション：中性子カウントの時系列データから即発中性子減衰定数を計算。4) 摂動計算機能：実効増倍率に対する (原子数) 密度摂動計算が可能。5) 多群実効断面積計算機能：原子炉の多群定数を計算。6) 厳密共鳴弾性散乱モデル：熱外領域 (1 eV – 100 eV) の中性子弾性散乱モデルにおいて、厳密モデルを使用できるように改良。7) 原子炉動特性パラメータ計算機能：実効遅発中性子割合と中性子生成時間の計算が可能。

[結言] MVP コードの基本的な機能から近年実装した新機能までレビューし、コード開発の現状について報告した。新機能が含まれる MVP コードを第 3 版として公開する予定である。

[参考文献] 1) 森 他, JAERI-Data/Code 94-007 (1994). 2) Y. Nagaya, et al. JAERI 1348 (2005).