

## Reduced Order Model に基づくエネルギー展開基底を用いた共鳴計算 (4) 減速方程式を用いた中性子源計算の実装

A Resonance Calculation Method using Energy Expansion Bases based on Reduced Order Model

(4) Implementation of neutron source calculation using the slowing down equation

\*近藤 諒一<sup>1</sup>, 遠藤 知弘<sup>1</sup>, 山本 章夫<sup>1</sup>, 竹田 敏<sup>2</sup>, 小池 啓基<sup>3</sup>, 山路 和也<sup>3</sup>, 左藤 大介<sup>3</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学, <sup>2</sup>大阪大学, <sup>3</sup>三菱重工

共鳴計算手法である RSE 法(Resonance calculation using energy Spectral Expansion method)について、散乱中性子源を陽に考慮して実装を行った。本研究では、減速方程式を用いて中性子源モーメントを計算する手法を試みた。燃料ペレットに温度分布を付けた単一セルなどの非均質性の高い体系において実効断面積を計算し、本手法の適用性を確認した。

**キーワード**：共鳴計算, Reduced order model, 低ランク近似, 超多群スペクトル, 散乱中性子源

**1. 緒言**：近年、新しい共鳴計算手法として RSE 法を提案している。これまでの検討では、均質体系の超多群スペクトルから抽出した直交基底を用いて、複雑な体系のスペクトルが展開可能であることを確認し、本手法の有効性を示した[1]。ただし、中性子源には参照値の値を用いていた。本研究では減速方程式を用いて中性子源の取り扱いを実装した。

**2. 手法**： $n$ 次の角度中性子束モーメント  $\Psi_{n,g}(\mathbf{r}, \Omega)$  に関する多群輸送方程式は式(1)で表される。本研究では、式(1)の中性子源モーメント  $Q_{n,g}(\mathbf{r})$  の計算に減速方程式を用いた式(2)。中性子束モーメントは反復解法によって計算され、減速方程式は反復更新中の全中性子束  $\phi(\mathbf{r}, E)$  を用いて計算される。本研究では、 $Q_{fixed}(\mathbf{r}, E_g)$  として空間分布を考慮しない U-235 の核分裂スペクトルを与えた。

$$\Omega \cdot \nabla \Psi_{n,g}(\mathbf{r}, \Omega) + \sum_{i=1}^N \Sigma_{t,g,n,i}(\mathbf{r}) \Psi_{i,g}(\mathbf{r}, \Omega) = Q_{n,g}(\mathbf{r}), \quad (1)$$

$$Q_{n,g}(\mathbf{r}) = \int_{\Delta E_g} f_{n,g}(E_g) Q(\mathbf{r}, E_g) dE_g, \quad Q(\mathbf{r}, E_g) = \sum_k \int_{E_g}^{E_g/\alpha_k} \frac{N_k \sigma_{s,k}(\mathbf{r}, E) \phi(\mathbf{r}, E)}{(1 - \alpha_k) E} dE + Q_{fixed}(\mathbf{r}, E_g), \quad (2)$$

**3. 計算結果**：UO<sub>2</sub> 燃料ペレットに温度分布を付けた単一セルにおける UO<sub>2</sub> 燃料内の中性子源について、展開次数 16 次の RSE 法と参照値である超詳細群計算の比較を図 1 に示す。図 1 のエネルギー範囲は主要な共鳴が存在する領域である。差異の大きいエネルギー群が局所的に存在するが、ほとんどのエネルギー領域で非常に小さい。ここで得られた実効断面積についても、本手法が参照値をよく再現することを確認した。また、本手法では、反復計算において中性子束モーメントだけでなく中性子源も収束させる必要がある。本研究では、中性子源が数回の反復で収束することを確認した。

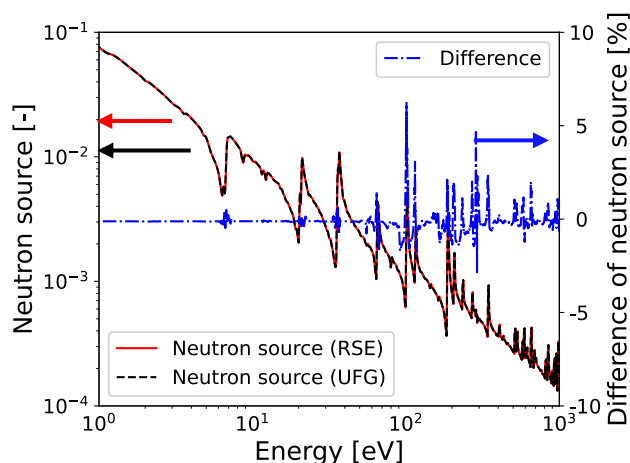


図 1 UO<sub>2</sub>燃料内における中性子源の差異

**参考文献** [1] Ryoichi Kondo et al., "A Resonance Calculation Method Using Energy Expansion Bases Based on a Reduced Order Model: Use of Ultra-Fine Group Spectrum Calculation and Application to Heterogeneous Geometry," *Proc. PHYSOR2020*, Mar. 29 - Apr. 2, 2020, Cambridge, UK (2020).

\*Ryoichi Kondo<sup>1</sup>, Tomohiro Endo<sup>1</sup>, Akio Yamamoto<sup>1</sup>, Satoshi Takeda<sup>2</sup>, Hiroki Koike<sup>3</sup>, Kazuya Yamaji<sup>3</sup>, Daisuke Sato<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Nagoya Univ., <sup>2</sup>Osaka Univ., <sup>3</sup>Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.