特異値分解による数値的な基底関数を用いた関数展開タリー法の開発
（1）一次元平板体系の検証計算

Development of the Functional Expansion Tally Method Expanded by Numerical Basis Functions Extracted by Singular Value Decomposition

(1) Verification for One-Dimensional Geometry

*近藤 諒一[1]，長家 康展[1]

[1]JAEA

モンテカルロ輸送計算の関数展開タリー法(FET 法)において、数値的な基底関数を用いる手法を開発した。様々な条件の中性子束分布を特異値分解することで基底関数を作成した。一次元多群モンテカルロ計算において提案手法の精度を確認した。

キーワード：関数展開タリー法，モンテカルロ法，特異値分解

1. 緒言: モンテカルロ輸送計算における関数展開タリー法(FET 法)では位相空間に対する連続的な分布量をタリーできる。従来の FET 法ではルジャンドル多項式などの解析的な基底関数が適用されてきた。しかし、複雑な分布を高精度に計算するためには必要な展開次数が増加し、計算コストと統計誤差が増加する。したがって、低次で高精度に分布を再構成するような基底関数が望まれる。決定論的手法による輸送計算ではエネルギーや空間に対して数値的な基底関数よる中性子束の関数展開が報告されている[1,2]。これらに基づき、本手法では計算対象に類似する複数の計算条件で得られた中性子束分布を特異値分解することで数値的な基底関数を抽出する。得られた基底関数を FET 法に適用し、その精度を確認した。

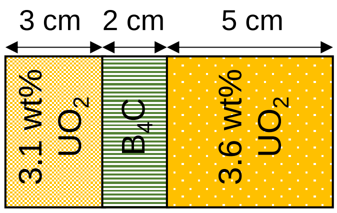

図 1 計算体系（真空境界条件）

2. 計算条件: 計算体系は図 1 に示す 2 種類の燃料と吸収体で構成された 10 cm の一次元平板である。エネルギー2 群の多群モンテカルロ計算を行い、空間中性子束分布を計算した。FET 法による計算はルジャンドル多項式および数値的な基底関数を用い、自作モンテカルロコードで行った。また、数値的な基底関数を作成するため、図 1 の全領域で密度を一律に摂動させた 10 種類の体系を用意した。それぞれの体系で MOC 輸送計算により中性子束分布を計算し、それらを特異値分解することで数値的な基底関数を抽出した。GMVP による空間を詳細に分割した計算を参照解とした。

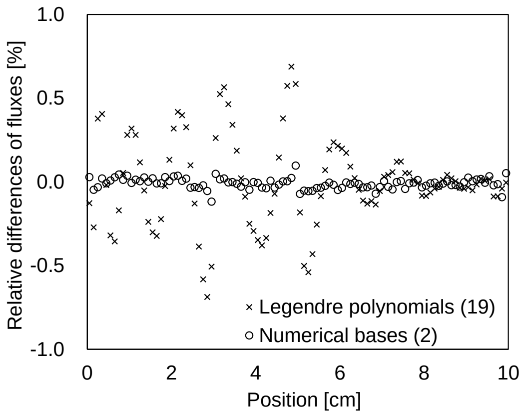

図 2 中性子束分布の参照解との差異
（凡例括弧内は展開次数）

3. 計算結果: FET 法で得られた中性子束と参照解との差異を図 2 に、このときの中性子束分布に対する相対標準偏差の最大値を表 1 に示す。ルジャンドル多項式展開では 19 次まで、数値的な基底では 2 次まで展開した。数値的な基底を用いた FET 法ではより低次の展開で高精度であるとともに、その相対標準偏差が小さいことを確認した。

表 1 中性子束分布の相対標準偏差の最大値

Legendre polynomials (19)	0.026%
Numerical bases (2)	0.013%

参考文献

[1] Kondo R, et al. Nucl. Sci. Eng. 2021;195(7):694-716. [2] Tujita K, et al. J. Nucl. Sci. Technol. 2021;58(2):173-183.

*Ryoichi Kondo[1] and Yasunobu Nagaya[1]

[1]JAEA