

IGA 法を用いた中性子輸送計算手法の研究
(1) 2次元の解析

Investigation of neutron transport calculation using Iso-Geometric (IGA) method
(1) 2 dimensional analysis

*堀田 理穂¹, W.F.G. van Rooijen²

¹ 福井大学, ² 福井大学附属国際原子力工学研究所

IGA 法および輸送理論を用いて、任意の形状に対して中性子束分布を解析する手法を開発している。従来の輸送計算コード NEWT の解析結果との比較により、現在開発中のコードの精度について評価を行なった。今回は2次元の解析結果を紹介する。

キーワード : IGA 法、有限要素法、中性子輸送理論、数値解析、任意形状

1. 背景および目的 原子炉の炉心解析を精度良く行うことは、適切な設計、正常な運転、そして安全を守る上で重要である。しかし、現在用いられている解析手法では、運転による熱膨張などによりいびつに変形した実際の形状に対して解析を行うことは困難である。このことから、変形に対応した解析を行い、炉心解析の精度を向上させるために、任意の形状に対して中性子束分布を解析する手法を開発する。

2. 解析手法 現在用いられている解析手法では、有限要素法を用いる際に近似的にメッシュが切られている。一方、今研究で開発する解析手法では、解析対象となる形状を NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline^[1]) を用いて正確に表現し、その形状に対して近似することなくメッシュを切り計算を行う。この手法は対象となる幾何形状と方程式を解く幾何形状が同一であることから、Iso-Geometric Analysis (IGA 法^[2]) と呼ばれる。この手法により、変形した任意の形状に対する解析が可能となる。また中性子束分布の解析について、輸送理論および S_N 法を用いる^[3]。

3. 精度評価の方法 開発した解析コードの精度について、NEWT の解析結果と比較を行なうことで検討を行なった。解析対象の組成や形状、断面積等は C5G7 ベンチマーク^[4]を参考に作成した。エネルギーは7群で計算し、燃料は UO₂、MOX (4.3%、7.0%、8.7%) の4種類について解析を行なった。

4. 結果および考察 UO₂およびMOXの燃料棒1本に対して、IGA 法を用いたコードと NEWT の解析結果について、中性子束分布の形状はよく一致していた (図 1)。また実効増倍率の誤差は 0.1%程度であった (表 1)。集合体1体や炉心全体については現在解析中である。開発中のコードは良い精度で解析を行なうことができる一方、他の解析コードに比べて解析時間が長いため、解析手法について更なる検討を進めている。

参考文献

[1] Les Piegl and Wayne Tiller, “The NURBS book”, Springer (1995)
[2] J.A. Cottrell, T.J.R. Hughes, Y.Bazilevs, “Isogeometric analysis”, Wiley (2009)
[3] A.R. Owens, J.A. Welch, J. Kópházi, M.D. Eaton, “Discontinuous Isogeometric analysis methods for the first-order form of the neutron transport equation with discrete ordinates (S_N) angular discretization”, J. Comp. Phys. **315**, 501 – 535 (2016)
[4] “Benchmark on Deterministic Transport Calculations Without Spatial Homogenisation”, NEA/NSC/DOC(2003)16

*Riho Horita¹, W.F.G. van Rooijen²

¹University of Fukui, ²Research Institute of Nuclear Engineering

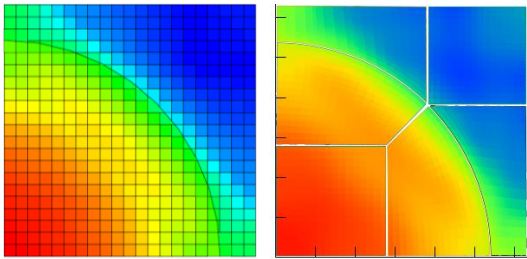


図 1 中性子束分布の比較の一例
(左 : NEWT、右 : 開発中の手法)

表 1 各燃料の燃料棒 1 本に対する
実効増倍率の比較

	k-eff (NEWT)	k-eff (開発中の手法)
UO ₂	1.32407	1.32383
MOX (4.3%)	1.13469	1.13325
MOX (7.0%)	1.15926	1.15737
MOX (8.7%)	1.17255	1.17048