

IGA 法を用いた中性子輸送計算手法の研究

Investigation of neutron transport calculation using Iso-Geometric (IGA) method

*堀田理穂¹, Danny Lathouwers², W.F.G. van Rooijen¹

¹福井大学, ²デルフト工科大学

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。製造解法および PHANTOM-SN の解析結果との比較により、現在の解析手法の精度について評価を行った。

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 Sn 法を用いる。

3. 精度評価の方法

開発した解析コードの精度について、2つの方法で評価を行った。製造解法^[3]では、2次および4次の既知の解に対して、対応した中性子源の値を逆算し、解析コードに入力することにより、解析解と数値解析解の比較を行った。また、PHANTOM-SN による解析結果と比較することで、解析解が得られない体系に対する評価を行った。

4. 結果および考察

解析解が得られる単純な体系については、NURBS における基本関数の次数を適切に設定することで、 10^{-14} オーダー程度の精度の結果が得られた (図 1,2)。PHANTOM-SN による評価は現在解析中である。

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 (SN) angular discretization", J. Comp. Phys. **315**, 501 - 535 (2016)

*Riho Horita¹, Danny Lathouwers² and W.F.G. van Rooijen¹

¹University of Fukui, ²Delft University of Technology

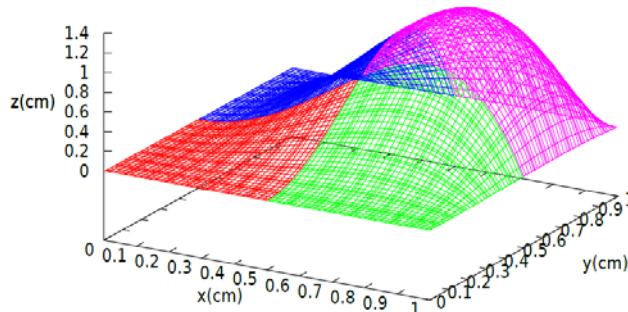


図1 4次の中性子束分布に対する数値解析解

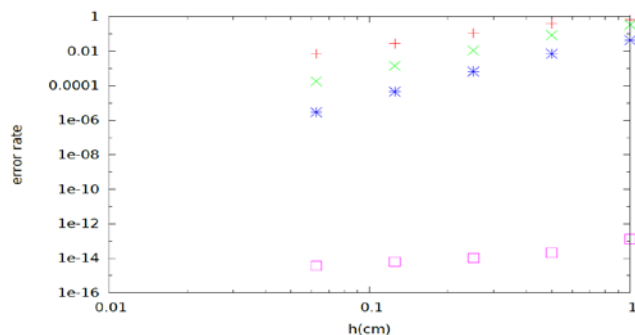


図2 基本関数 1~4 次における、メッシュ幅に対する精度