

IGAの流体解析への適用に関する基礎的研究

計算力学研究室 M2 安井 太一
Yasui Taichi

研究背景

IGA (Isogeometric Analysis)
CADの形状表現で用いられるNURBS (Non Rational B-Spline) 関数等のSpline関数を基底関数として使用する解析手法です。

CADデータから直接メッシュ作成することが可能

- メッシュ生成プロセスの効率化
- 形状再現性の向上

研究目的: IGAに基づく流体構造連成解析手法の構築を目指します。

本報告: IGAに基づく非圧縮粘性流体の解析を行い、妥当性の検討、従来の有限要素法との比較を行いました。

解析手法

非圧縮性粘性流体の支配方程式
Navier-Stokesの運動方程式

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial p}{\partial x_i} - \frac{1}{Re} \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) = 0$$

連続式 $\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0$

u_i : 流速, p : 圧力
 Re : Reynolds

離散化

空間方向: IGAに基づくSUPG/PSPG法を用いた安定化有限要素法
時間方向: Crank-Nicolson法

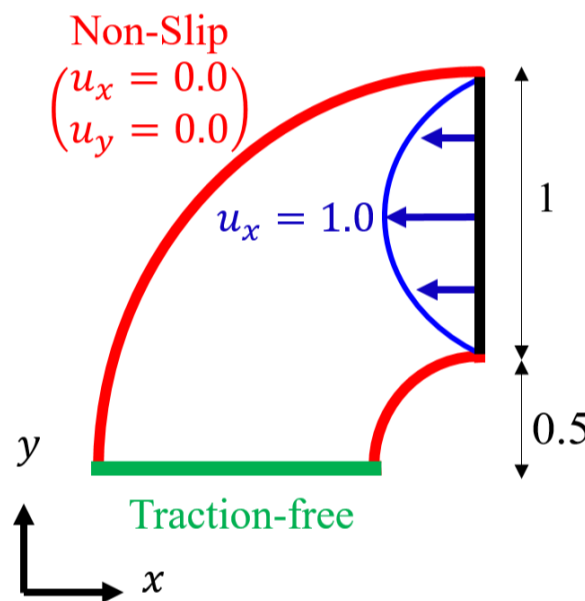
補間にはNURBS関数を使用しました。

→制御点に与えられる重みにより様々な形状を表現可能

解析例

解析条件

- 時間増分量: 0.01
- 総計算ステップ: 500
- Reynolds数: 1.0
- 境界条件: 管の側面においてNon-Slip境界条件
- 初期条件: 管入口に放物状の流速分布を与えます。



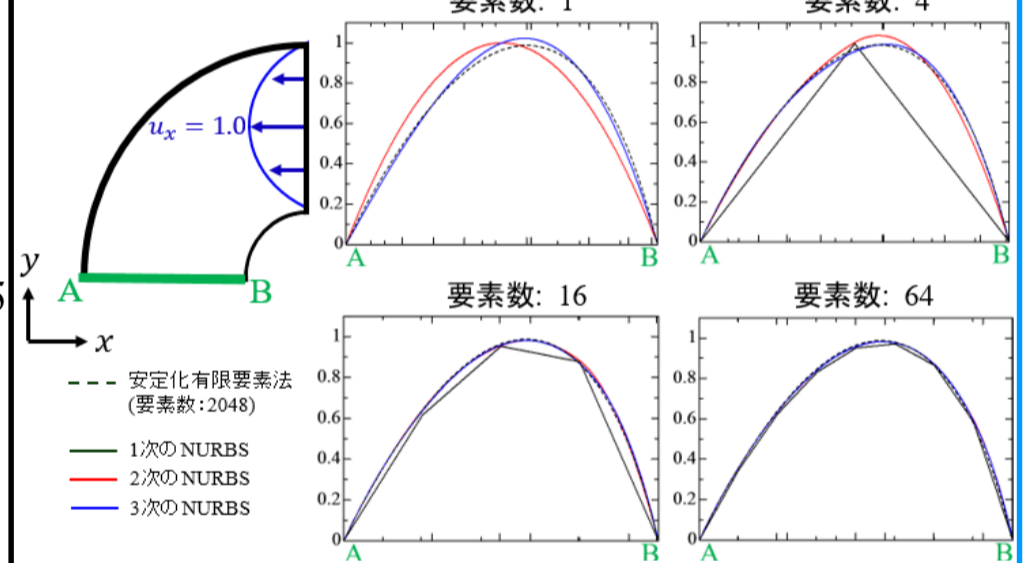
解析メッシュ

32×32と比較的細かい分割数において三角形1次要素を用い解析を行い、その結果と粗い要素数における1次、2次、3次のNURBS関数を使った結果を比較します。

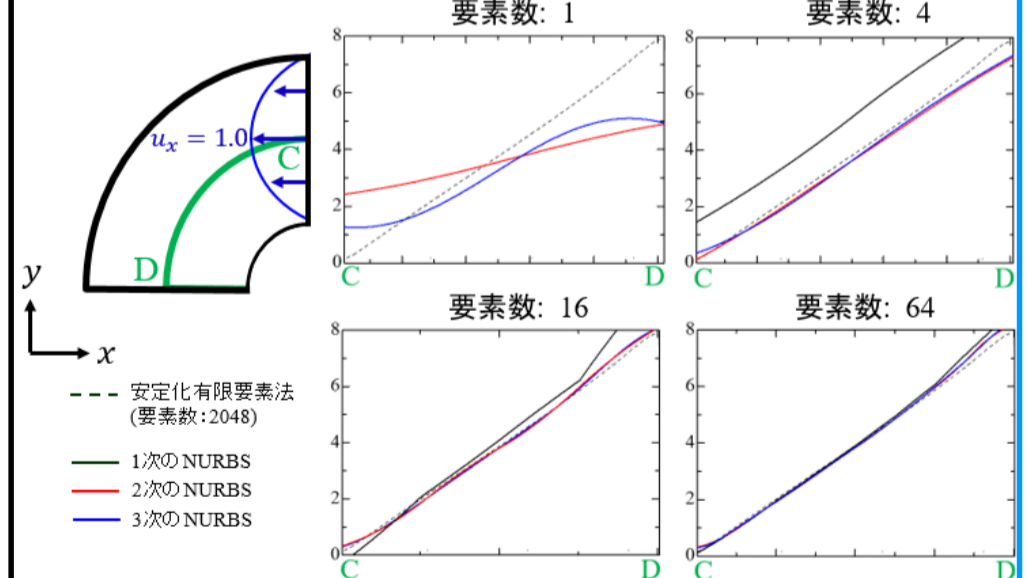
	FEM		IGA			
	要素数	2048	1	4	16	64
要素分割数	32×32		1×1	2×2	4×4	8×8
補間関数	三角形1次要素		1次, 2次, 3次のNURBS			

解析結果

線AB上の流速分布



線CD上での圧力分布



高次のNURBSを用いることで少ない要素で曲線的な流速分布を精度よくとらえています。

結論・今後の課題

- 2次元非圧縮性粘性流れ問題にIGAを適用し、正しく解析が行われることを確認しました。
- 曲線形状を有する領域では、高次のNURBS関数を用いて解析を行うことで、三角形1次要素を用いた解析に比べ少ない要素数でよい精度を得ました。
- 今後はIGAの3次元非圧縮性粘性流れ問題への適用、定量的な評価を行っていきます。