

# 数値伝熱過去問

1 Navier-Stokes 方程式、エネルギー方程式（温度輸送）は以下のように定義される。

$$\rho \left( \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u} \right) = -\nabla p + \mu \nabla^2 \mathbf{u}$$

$$\rho c_p \left( \frac{\partial T}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla T \right) = k \nabla^2 T$$

上記の式を無次元化すると以下のようになる。

$$\underbrace{\left( \frac{\partial \mathbf{u}^*}{\partial t^*} + \mathbf{u}^* \cdot \nabla^* \mathbf{u}^* \right)}_{\text{慣性項}} = -\nabla^* p^* + \underbrace{\frac{1}{\text{Re}} \nabla^{*2} \mathbf{u}^*}_{\text{粘性項}}$$

$$\underbrace{\left( \frac{\partial T^*}{\partial t^*} + \mathbf{u}^* \cdot \nabla^* T^* \right)}_{\text{対流項}} = \underbrace{\frac{1}{\text{Pe}} \nabla^{*2} T^*}_{\text{拡散項}}$$

この時、以下の問いに答えよ。

(1) Navier-Stokes 方程式を無次元化した式に現れる、Re の名前とその定義式を  $\text{Re} = \blacksquare = \blacksquare$  のように記述し、定義式の各記号(定数、変数)が何を意味するか単位付きで答えよ。

(2) Pr の名称を答え、その定義式を  $\text{Pe} = \blacksquare$  のように記述し、定義式の各記号(定数、変数)が何を意味するか単位付きで答えよ。

(3) エネルギー方程式を無次元化した式に現れる Pe に関して、Pr, Re のとの関係性を示せ。

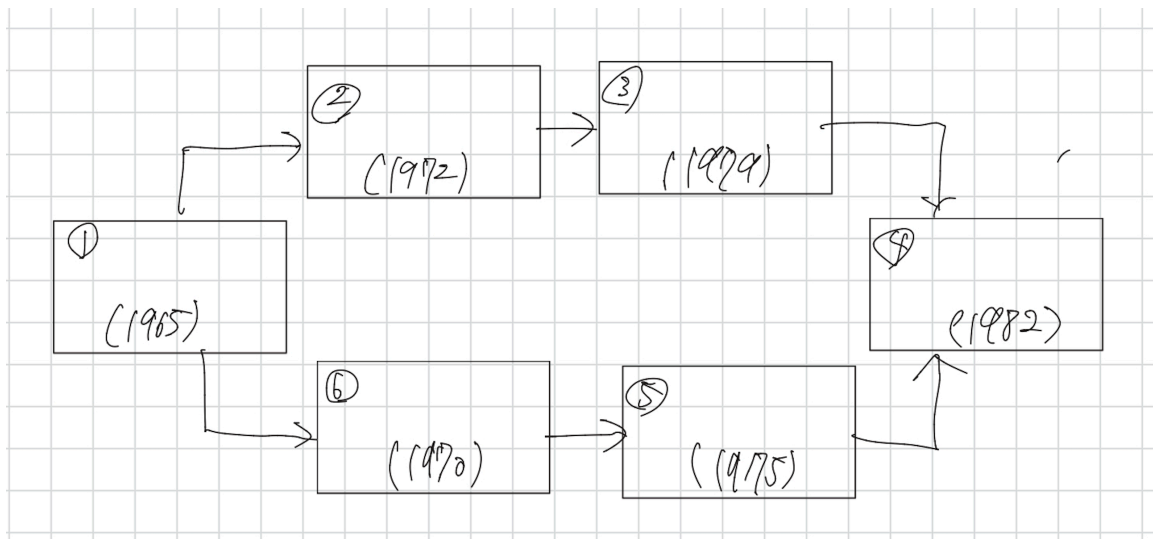
2 シュミレーション、離散化の手法の分類に関して、以下の問いに答えよ。

(1) シュミレーションの手法として大分される二つを記述し、その二つに当てはまる手法をそれぞれ最低二つずつ正式名称で答えよ。

3 計算格子と変数配置をそれぞれ三つ記述し、それぞれのメリット、デメリットを記述せよ。

**4 Navier-Stokes 方程式は歴史上様々な解き方、手法が考えられてきた。それらの手法に関して以下の問いに答えよ。**

(1) 以下のNavier-Stokes 方程式の解法を時系列順にまとめられたフロー図に関して、①から⑥に入る手法を答えよ。(選択肢：MAC, S-MAC, HS-MAC, SIMPLE, SIMPLER, フラクショナルステップ)



(2) Navier-Stokes 方程式の解法に関して比較を行う。

- (i) MAC法で使う三つの式の名称を答え、MAC法、FS法はどのような特徴がある手法なのか記述せよ。
- (ii) S-MAC, HS-MACでは、MAC法と比べてそれぞれ特徴がある。それらの特徴をそれぞれ記述せよ。(「圧力補正」を用いる)
- (iii) SIMPLE法をMAC法と比べることによって、それぞれの特徴、違いを説明せよ。

**5 キャビティフローという数値流体力学 (CFD) の検証問題を考える。ここで解く支配方程式は 非圧縮性Navier-Stokes方程式であり、以下の問いに答えよ。**

(1) 非圧縮性熱流体の式における「制約条件」の式を書け。

(2) 非圧縮性Navier-Stokes方程式を解くのに当たって、圧力ポアソン方程式を解く必要がある。この理由を答えよ。

(3)非圧縮性Navier–Stokes方程式の解法の一つの名称を答えて、その解法の説明となぜその方法が用いられるのかを記述せよ。

↓解答(解説)

＊訂正

- ①の  $\alpha$  (熱拡散率)

[attachment:7a1387c7-a1b8-472f-84ff-786f6c15c718:月2回答.pdf](#)