

流体の数値計算プログラムの作成 レポート

B4 津田修一郎

2021/6/15

1 環境

プログラム実行環境: gfortran
グラフ描画ソフト: gnuplot
エディタ: Visual Studio Code

2 数値計算の手順、手法

2.1 流れ関数と渦度を求めるプログラムの実装

流れ関数-渦度法により, cavity 内の流れを解いた. 基礎方程式や境界条件については [1] に従った. 数値計算は、(i) レイノルズ数 $Re = 50$, 格子点 50×50 , (ii) レイノルズ数 $Re = 200$, 格子点 100×100 , (iii) レイノルズ数 $Re = 500$, 格子点 150×150 の 3 つの条件で行った.

2.2 速度ベクトル図の描画

流れ関数と渦度を求めるプログラムの実装により得られた流れ関数 Ψ より, 速度場 (u, v) を

$$u = \frac{\partial \Psi}{\partial y}, v = -\frac{\partial \Psi}{\partial x}, \quad (1)$$

を用いて求めた. ただし, u, v の境界条件は

$$u = -1, v = 0 \quad \text{移動壁上} \quad (2)$$

$$u = 0, v = 0 \quad \text{静止壁上} \quad (3)$$

とした. 図 1 に今回得られた速度ベクトル図を示す. 図 1 より, $(0, 1), (1, 1)$ 間を結ぶ線分に相当する移動壁面付近で比較的速い流れが生じ, cavity 内に 1 つの渦ができていることが確認できる.

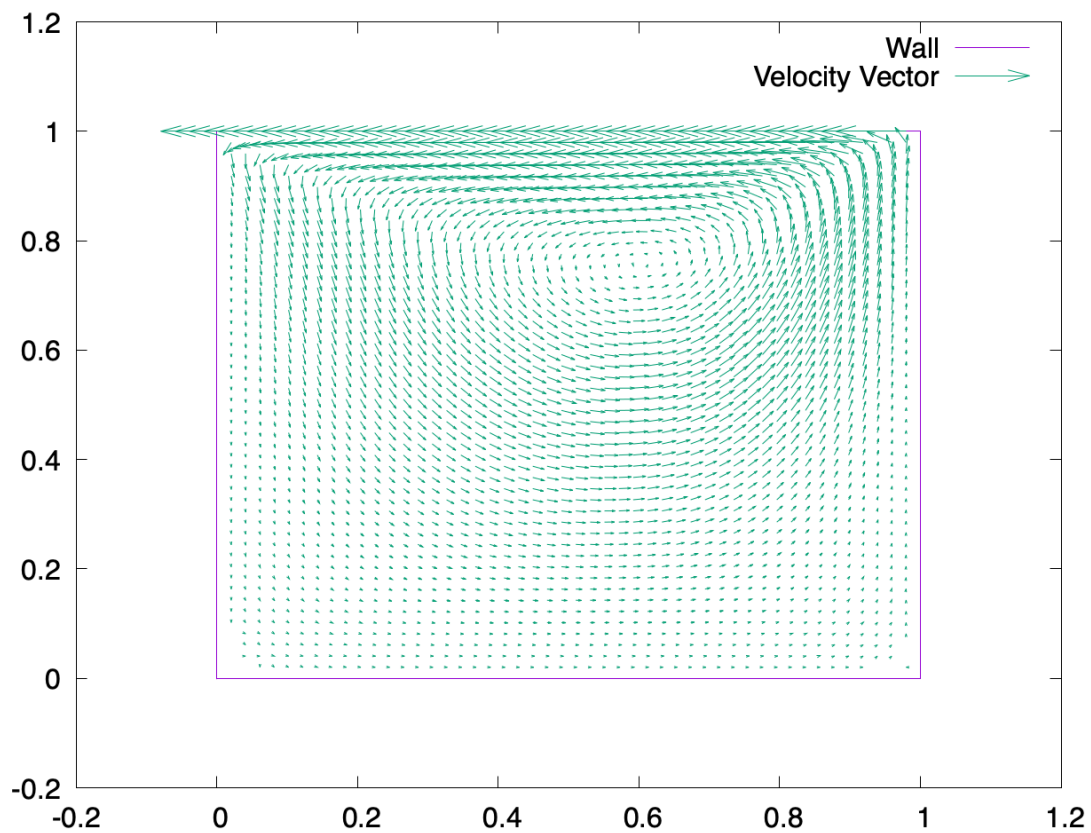


図 1 速度ベクトル

2.3 流線図の描画

流線は流れ関数 $\Psi = const$ で表されることを用いて、流れ関数と渦度を求めるプログラムにより求めた流れ関数を用いて流線図を描画した。その結果を図 2 に示す。中間報告においては、gnuplot の格子状データを生成する dgrid3d 機能を用いていたため、比較的離れた格子点の情報が入ってしまっていた。しかし、その後データを格納している csv ファイルの形式を修正し、dgrid3d を使わず、数値解析によって得られた値をそのまま格子状データとして描画する方法を用いたので、最近接点のみの情報で

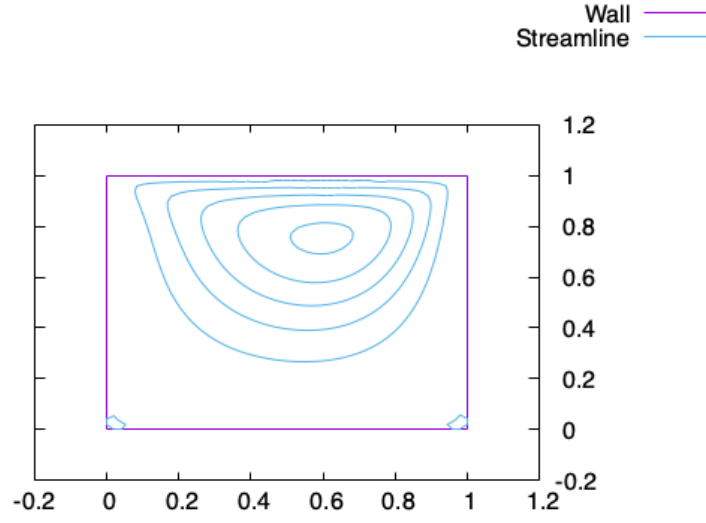


図2 流線

2.4 等圧線図の描画

圧力のポアソン方程式

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} = 2 \left[\left(\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} \right) \left(\frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} \right) - \left(\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x \partial y} \right)^2 \right] \quad (4)$$

により圧力分布を求め, 等圧線図を描画した。差分方程式は

$$p_{i,j}^{n+1} = \frac{(p_{i+1,j}^n + p_{i-1,j}^n) + (p_{i,j+1}^n + p_{i,j-1}^n) - b_{i,j}^n h^2}{4}$$

$$b_{i,j}^n = 2 \left[\frac{\Psi_{i+1,j} + \Psi_{i-1,j} - 2\Psi_{i,j}}{h^2} \frac{\Psi_{i,j+1} + \Psi_{i,j-1} - 2\Psi_{i,j}}{h^2} - \left(\frac{\Psi_{i+1,j+1} - \Psi_{i+1,j-1} - \Psi_{i-1,j+1} + \Psi_{i-1,j-1}}{4h^2} \right)^2 \right] \quad (5)$$

境界条件は $\frac{\partial p}{\partial x} = 0$

$$\frac{\partial p}{\partial x} = 0 \quad x = 0, 1 \quad (6)$$

$$\frac{\partial p}{\partial y} = 0 \quad y = 0, 1 \quad (7)$$

3 数値計算の結果

参考文献

[1] 研究室資料. 流体の数値計算（川口光年先生 1976 年頃）.pdf