

## OpenFOAM を用いた熱流体解析による換気状況シミュレーションソフトの構築

情報科学科 稲垣 智暁

指導教員：代田 健二

## 1 はじめに

流体解析とは、物体の周りの風の流れや換気による室内気流、地震時の原子炉冷却水の揺動の様子など、流体の運動方程式や熱エネルギー方程式を解析することで空気や水の流れなどの流体運動を明らかにすることである。このうち、樹脂流動のように熱の移動も考慮に入れるものを熱流体解析と呼ぶ。

流体解析は、その複雑さゆえ、理論的手法を用いることが難しい為、数値解法を用いて近似計算を行うことが一般的である。熱流体を含む流体解析シミュレーションを行うソフトウェアは、商用ソフトを含めていくつか存在する。そのうちオープンソース流体解析ソフトウェアとして、OpenFOAM[1]が近年注目されている。OpenFOAMには、非圧縮性・圧縮性流体解析や電磁流体解析などが可能な計算ソルバー、計算格子を生成するメッシュャーなどが用意されており、複雑なプログラミングを行うことなく計算を実行できるように作られている。また ParaView と連携させることで可視化も容易に行えるようになっており、流体解析の専門家でなくても使用可能なソフトウェアとなっている。

新型コロナウイルス感染症感染予防の対策として、本学では換気のための扉や窓の開放、サーキュレータの使用が行われている。また、スーパーコンピュータ富岳を用いた飛沫やエアロゾルの飛散のシミュレーションが実施[2]され、結果を公表することで感染対策の提案が行われている。このような流体解析を実施可能な環境が整えられれば、研究室等の什器配置場所、サーキュレータの適切な配置場所の検討が本学でも可能となり、さらなる感染予防対策を行うことができる。そこで、OpenFOAM が流体解析を比較的容易に実施できること、動作可能なコンピュータがあればだれでも利用可能であることに着目し、本研究の目的を OpenFOAM による換気状況シミュレーションソフトを開発することとした。CAD ソフト[3]を用いて学生居室を模したオブジェクトを作成し、OpenFOAM と連携させることで換気状況シミュレーション環境の構築を目指す。

## 2 有限体積法

本研究で用いられる OpenFOAM では、偏微分方程式の離散化手法として有限体積法[4]が用いられる。有限体積法は、コントロールボリューム法とも呼ばれ、連続体の偏微分方程式を離散化して解く手法の一つである。連続体をコントロールボリュームあるいはセルとも呼ばれる多面体で分割し、方程式をセルの体積積分の形で表す。

## 3 数値実験

学生居室を模したオブジェクト図1を作成し、窓・ドアから流れる空気を再現できるシミュレーションプログラムを開発した。また、サーキュレータを配置した場合の図2を作成した。オブジェクトの作成には CAD ソフト、流体解析には XSim[5]、計算結果の出力には ParaView[6]を用いることにした。

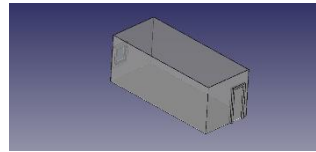


図 1 学生居室を模したオブジェクト

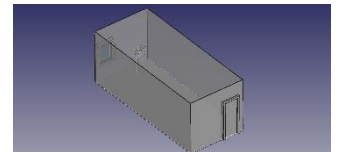


図 2 サーキュレータを配置

## 4 実験と考察

室温を 17 度、外気温を 7 度、窓からの流出速度を 0.3[m/s]、換気時間を 300[s]として実験を行い、また、流出速度 3.0[m/s]のサーキュレータを窓横に配置した場合も実験を行った。結果は以下の図 3(サーキュレータ未配置)、図 4(サーキュレータ配置)のようになった。サーキュレータ未配置の場合では、ドアと窓の対角線の空気の流れが少なく上層部の温度変化はあまりなかったが、サーキュレータ配置の場合では上層部にも空気の流入がみられ、温度は上層・下層ともに一定となった。一方、机などの什器、特に WS や冷蔵庫などの熱源となる什器などを配置したシミュレーションを実施することができなかった。今後は、それらに加えサーキュレータの動的運動を組み入れたシミュレーションの実施、そしてそれらのシミュレーション結果による換気時間・什器位置の最適設計を行うことが課題である。

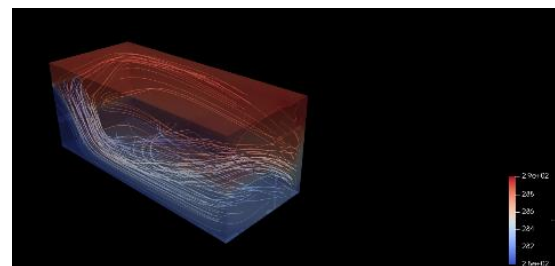


図 3 実験結果(サーキュレータなし)

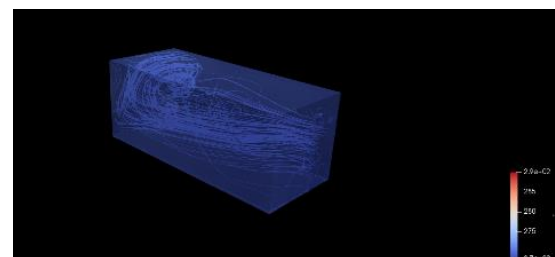


図 4 実験結果(サーキュレータあり)

## 参考文献

- [1] 一般社団法人オープン CAE 学会, OpenFOAM による熱移動と流れの数値解析, 森北出版, 2016.
- [2] <https://www.r-ccs.riken.jp/fugaku/history/corona/projects/tsubokura/>
- [3] 坪田遼, 基礎からの FreeCAD, 工学社, 2021.
- [4] H. K. Versteeg, W. Malalasekera (翻訳: 松下洋介他), 数値流体力学 [第 2 版], 森北出版, 2011.
- [5] XSim, <https://xsim.work/doc/ja/Introduction.html>
- [6] ParaView, <https://www.paraview.org>