

OpenFOAMを用いた熱流体解析による換気状況簡易モニタリングソフトの構築

2019311045 柴 和希

指導教員：代田 健二

1 はじめに

流体解析とは、空気の流れや熱の移動といった流体力学を応用した解析手法のことであり、製造業を始めとする多くの業界において、流体解析は必要不可欠なものとなっている。例えば、人々の暮らしに欠かせない水道やガスなどの流体輸送、火力発電や水力発電といった流体エネルギーの変換も流体解析が用いられており、部屋の換気、空調使用時の気流解析や天気予報における風向き、気圧の解析も流体解析が用いられている。

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く、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の一つとして、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[2]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により、感染拡大防止のため、従来よりも換気について見直されるようになった。それに伴い、スーパーコンピュータの富岳のような換気シミュレーションシステム [3] に視点がいくようになった。富岳のようなシミュレーションを、気軽に研究室でも行えれば、研究室の机の配置などを効果的に決めることができ、より強固な感染予防対策ができるが、スーパーコンピュータの利用は現実的ではない。稲垣 [7] は、OpenFOAMによる研究室の換気状況シミュレーションを実施したが、シミュレーションの定量的な評価と什器の最適な位置の検討が課題として残された。

本研究では、シミュレーションと実測値の比較検討を行う。その結果により、開発した換気状況モニタリングソフトの評価を実施するとともに、より実用的な研究室内什器の配置や熱源の追加などを実施する。また什器、特にサーキュレータの最適な位置の検討に向けて、換気指標を考察し、提案をする。

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。

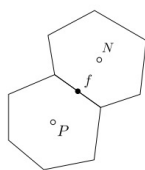


図1 セル

3 数値実験

学生居室を模したオブジェクトを作成し、居室内の熱流体解析シミュレーションプログラム開発した。オブジェクトの作成にはFreeCAD[5]、解析設定データの作成にはXSim[6]、流体解析はOpenFOAMはバージョン9、計算結果出力にはParaViewを使用した。

境界条件は、窓を流入境界（実測日の流速と外気温）、壁・床・什器をすべり壁、ドアを全圧指定として与えた。また初期条件は、実測日の室温を与えた。

学生居室の中心で300[s]の測定を実施し、シミュレーション結果と比較した結果は図2、図3のとおりである。150[s]までは実測値とシミュレーション結果の誤差が見られるもの、それ以降は一定精度で一致することを確認できた。換気状況モニタリングにおいて温度勾配が小になる部分が重要であることから、開発ソフトは実用の換気状況モニタリングに現状でも耐えうると考えられる。今後は、より精度の高い換気状況モニタリングソフトの開発が課題である。

換気指標については、発表時に示す。

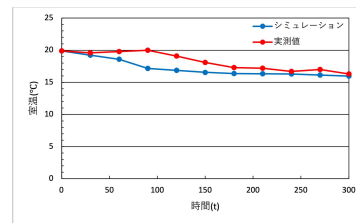


図2 室温の変化 (外気温：15.3度，室温：19.9度)

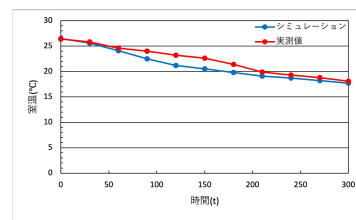


図3 室温の変化 (外気温：9.3度，室温：26.5度)

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] ParaView, <https://www.paraview.org>
- [3] <https://www.r-ccs.riken.jp/fugaku/history/corona/projects/tsubokura/>
- [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] 坪田遼, 基礎からの FreeCAD, 工学社, 2021.
- [6] XSim, <https://xsim.work/doc/ja/Introduction.html>
- [7] 稲垣智暁, 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, 2021