

# 空気清浄器の効果に関する数値的検証

横山裕花 (指導教員:河村哲也)

## 1 はじめに

人間が生活する過程で摂取する物質には水や食料などがあるが、そのうち 83 % という大部分を占めているのは空気、中でも 57 % が室内空気であるとされている。水や食べ物は意識的に良くないものを回避できるが、空気を摂取せずに生きることはできない。すなわち、室内の汚れが体内の汚染物質の増加に大きく影響することになる。中でも、ほこりやダニ、ハウスダスト、カビ、花粉などの家の中にもともと存在したり持ち込まれたりしている様々な空気の汚染物質が人体の様々な疾患やアレルギーの原因となってしまう。そこで、空気清浄器を利用して室内の有害な浮遊物の除去を行うことで空気の安全性をコントロールし、室内汚染に対処している。

そのため本報では、空気清浄器の利用による汚染物質減少の数値的シミュレーションを行うことで、室内における空気清浄器の効果的な配置を提案する。

## 2 モデル化・格子生成

### 2.1 格子

格子数は  $100 \times 100 \times 100$  とした。エアコンと空気清浄機がある場所を細かくした直交不等間隔格子を用いる。

### 2.2 計算領域

縦横それぞれ 2、高さ 1 の直方体の部屋を考え、空気清浄器の配置の違いや空調設備の有無による塵の減少の様子を調べる。

Fig.2.2.1 のように、部屋の中央、端に空気清浄器を設置、その状態に冷房設備を追加した場合も含めて時間経過後の塵濃度の比較を行う。空気清浄器、エアコンは Fig.2.2.2 のように空気の流れを作るものとし、空気清浄器内部では塵濃度を 6% 減少させ、エアコン内部では温度を  $20.0\text{ }^\circ\text{C}$  にし、塵濃度を 0.5% 増加させる。空気清浄器の吹き出し速度は、上方向に 4、横方向に 1 とし、エアコンの吹き出し速度は下方向に 3、横方向に 5 とした。

初期状態では室内の温度を  $30.0$ 、塵濃度を  $1.0$  とする。吸入口側においた観測点 1 と吹出口側においた観測点 2 における塵濃度の減少を比較していく。

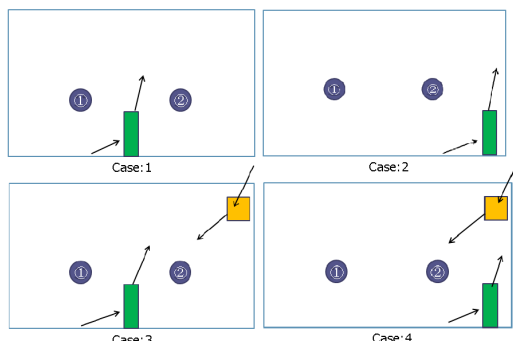


Fig. 2.2.1: 部屋を真横から見た図

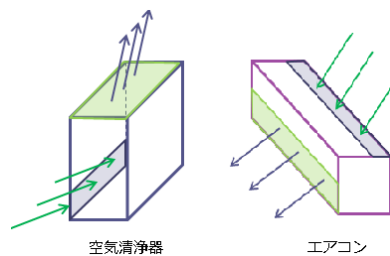


Fig. 2.2.2: 空気清浄器とエアコン

## 3 計算方法

### 3.1 基礎方程式

Navier-Stokes 方程式、温度方程式、塵の濃度方程式を使用する。

Navier-Stokes 方程式

$$\frac{\partial V}{\partial t} + (V \cdot \nabla) V = -\nabla P + \frac{1}{\text{Re}} \Delta V + \frac{\text{Gr}}{\text{Re}^2} T k$$

$$\nabla \cdot V = 0$$

温度方程式

$$\frac{\partial T}{\partial t} + (V \cdot \nabla) T = \left(\frac{1}{\text{Re} \cdot \text{Pr}}\right) \Delta T$$

塵の濃度方程式

$$\frac{\partial C}{\partial t} + (V \cdot \nabla) C = \left(\frac{1}{\text{Re} \cdot \text{Sc}}\right) \Delta C$$

$P$ : 圧力,  $V$ : 速度,  $\text{Gr}$ : グラスホフ数,  $\text{Pr}$ : プラントル数,  $\text{Re}$ : レイノルズ数,  $\text{Sc}$ : シュミット数,  $T$ : 温度,  $C$ : 塵濃度,  $k$ : 鉛直方向単位ベクトル

### 3.2 解法

上記の方程式をフラクショナル・ステップ法を用いて解く。  $\Delta t = 0.00005$ , 計算ステップは 500,000 回とした。

## 4 結果と考察

### 4.1 最終塵濃度

計測された 2 地点での最終時間ステップにおける塵の濃度は以下の Table. 4.1 のようになった。

Table. 4.1: 計測結果

Case:	1	2	3	4
観測点 1	0.97086	0.99627	0.95728	1.00554
観測点 2	0.95498	0.90225	0.95057	0.80037

Case:1 と Case:2 の比較により、空気清浄器は中央に設置する方が部屋全体の空気の循環につながり、塵濃度の減少量が多くなったことがわかる。Case:3 より、エアコンによる塵の増加よりも、エアコンの風によって空気の循環が活発になったことで塵濃度の減少が進んだと考えられる。

Case:4での観測点2の塵濃度の減少量から、一見効果があるように見えるが、空気清浄器に近い観測点のみがきれいになっている。空気清浄器から離れている観測点1側の塵濃度が増加していることから、部屋の大きさによっては効果的かもしれないが、今回の条件ではCase:3のように部屋全体の塵濃度を平均的に減少させている配置が効果的であるといえる。

## 4.2 変化の様子

Fig.4.2.1, Fig.4.2.2, Fig.4.2.3 および Fig.4.2.4 は、Case:1 から Case:4 の塵濃度の変化の様子と最終の塵濃度の様子をそれぞれ示したものである。濃度はボリュームレンダリングで表示しており、赤から青に向けて濃度が低くなっている。また、グラフ右側の横軸がステップ数、縦軸が塵濃度を示しており、赤線が観測点1、緑線が観測点2を示す。

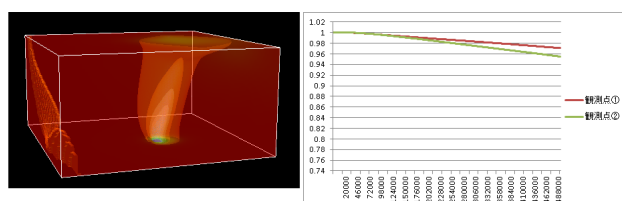


Fig.4.2.1: Case:1における最終塵濃度と変化の様子

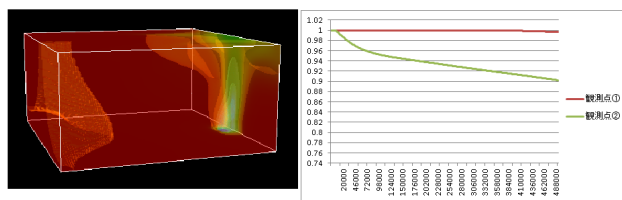


Fig.4.2.2: Case:2における最終塵濃度と変化の様子

Case:1を見ると、中央から空気が徐々にきれいになっていることがわかる。きれいにした空気の噴出側にある観測点2の方が減少量が多い。Case:2は、グラフを見て読み取れるように、最初に観測点2で塵濃度が急激に減少し、それ以降は一定の割合で減少していることが読み取れる。Case:1と比べて観測点2の塵濃度減少速度は速いが、空気清浄器から離れた観測点1での減速度は低下している。空気清浄器を部屋の中央に設置した方が、室内全体の空気の循環につながり、塵濃度の減少速度の変化に影響することが考えられる。

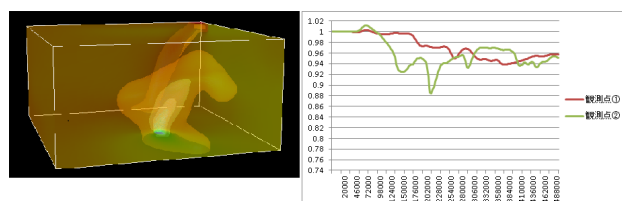


Fig.4.2.3: Case:3における最終塵濃度と変化の様子

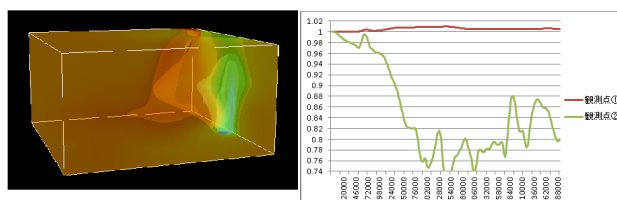


Fig.4.2.4: Case:4における最終塵濃度と変化の様子

Case:3, Case:4を見ると、エアコンの風により、空気の循環が活発になったために、塵濃度の減少速度の増加につながっていることがわかる。また、Case:1, Case:2において塵濃度が一定に減少しているのと比べて、Case:3, Case:4のグラフにブレが生じているのは、エアコンから発せられたほこりが塵濃度に影響を及ぼしているからだ読み取れる。

Case:3のグラフからは、エアコンからのほこりの影響で塵濃度が一時的に増加していることが読み取れ、よりエアコンに近い観測点2の塵濃度がエアコンからの空気の影響を受けたことにより、大きくぶれながらも全体的に減少していることが考えられる。

Case:4のグラフからは、空気清浄器に近い観測点2の塵濃度減少速度は増加しているが、空気清浄機から遠い観測点1では塵濃度が初期状態を超える状態が続いていることが読み取れる。空気清浄器が無かった場合、エアコンからのほこりで塵濃度は上がる一方になると考えられるため、塵濃度がある程度で抑えられていることから、空気清浄機の効果自体はあることがわかる。しかし、塵濃度の減少に偏りが出ているので、あまり効果的な配置ではないと考えられる。

## 5 まとめと今後の課題

室内における空気清浄器の利用に着目した、汚染物質の効果的な減少の手法を提案し、シミュレーションによって検証した。その結果、エアコンなどの空調設備による空気の循環がある環境で、部屋の中央に空気清浄器を置くという配置が、室内全体の塵濃度を効率よく減少させることにつながるとわかった。

今後は、部屋の大きさ、構造も考慮に入れ、また冷房装置ではなく暖房装置を作動させた環境下でのシミュレーションも行い、より空気清浄機の機能を効果的にするための配置を提案していく所存である。

## 参考文献

- [1] 河村哲也. 数値シミュレーション入門. サイエンス社, 2006.
- [2] Blueair 「人体が摂取する物質の83%は空気」  
[http://www.blueair.jp/media/substance\\_20171024/](http://www.blueair.jp/media/substance_20171024/)  
(最終アクセス: 2019/01/20)
- [3] 価格.com 「空気清浄器の選び方」  
[http://kakaku.com/kaden/air-purifier/guide\\_2160/](http://kakaku.com/kaden/air-purifier/guide_2160/)  
(最終アクセス: 2019/01/20)