

室内気流のシミュレーション

柳本 麻那 (指導教員：河村 哲也)

1 はじめに

室内で生活するにあたり、冬場ではエアコンなどの空調によって寒さをしのぐことが普通になっている。そのような状況の中、昨年の東日本大震災の影響により日本中で節電の意識が高まっている。本研究では、冬場における効果的な空調の使用条件を見出すことを目的とした。具体的に、空調から吹き出す暖気の向き、家具の有無による室内の空気の流れと温度変化の違いについて数値シミュレーションにより検証する。

$$\frac{\partial T}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \nabla)T = \frac{1}{RePr} \Delta T \quad (3)$$

$\mathbf{v}=(u,v,w)$: 速度ベクトル	t : 時間
p : 圧力	Re : レイノルズ数
\mathbf{k} : 鉛直方向の単位ベクトル	Gr : グラスホフ数
T : 温度	Pr : プラントル数

2 モデル化

本研究では xy 平面を地表面、 z 方向を高さとした直方体を部屋の形状と仮定した。そして、部屋の右壁上部に空調を設置し、その空調の下部から暖気が吹き出し、上部から空気を吸い込んでいるものとする。

図 1 は本研究で考えた領域の概略図であり、(左)空調のみ (右)家具ありの場合である。家具は、ベッド、机、椅子、たんすを考えている。

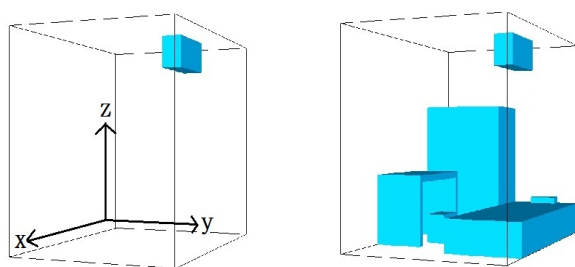


図 1: 計算領域

3 格子生成

部屋は $4\text{m} \times 3\text{m} \times 2.5\text{m}$ の直方体であると仮定し、等間隔直交格子を用いて領域を格子分割した。

4 計算方法

4.1 基礎方程式

大気の流れは非圧縮性流体として扱うことができるため、質量保存を表す連続の式 (1)、非圧縮性ナビエ・ストークス方程式 (2) を支配方程式として解くことができる。また、熱を扱うため熱に関する移流拡散方程式 (3) も使用する。これらの式 (1)~(3) をフラクショナル・ステップ法を用いて解いた。ただし、室内気流は初期に静止し気温も一定の低温状態にあるとし、壁面は断熱壁とした。

$$\nabla \cdot \mathbf{v} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \nabla) \mathbf{v} = -\nabla p + \frac{1}{Re} \Delta \mathbf{v} + \frac{Gr}{Re^2} T \mathbf{k} \quad (2)$$

4.2 家具等の表示

今回、家具等はマスク処理によって表した。3次元配列 $msk(i,j,k)$ を用意し、家具の部分をも 0、流体部分をも 1 としておく。計算の各ステップで最初は家具がないと仮定して計算を行い、計算が終わった後、得られた結果に $msk(i,j,k)$ をかけ合わせることで流体部分は変化を受けずに家具の内部は 0 とすることができる。

5 計算結果

空調から出る暖気の向きを以下の 3 つの場合に分け室内気流のふるまいを検証し、二つの地点における温度変化を解析した。

- (1) 床に平行な送風
- (2) 床に垂直な送風
- (3) スイングによる送風

計算に使用したパラメータは次の通りである。

- ・レイノルズ数：100
- ・グラスホフ数：2000
- ・プラントル数：0.71

5.1 計算結果 (室内気流のふるまい)

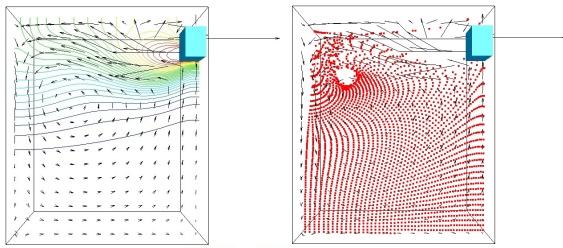
部屋に空調しかない状態と、その他に家具がある状態において空調から (1)~(3) の送風を行い、室内気流のふるまいについて検証した。計算結果を次頁の図 2 と図 4 に示す。

ただし、これらの図はエアコンを横切る断面での無次元時間 $t=10$ における瞬間的な流れの様子である。矢印は空気の流れを示すベクトルで、等温線により温度分布を表している。また、赤点は質量のない粒子を表している。

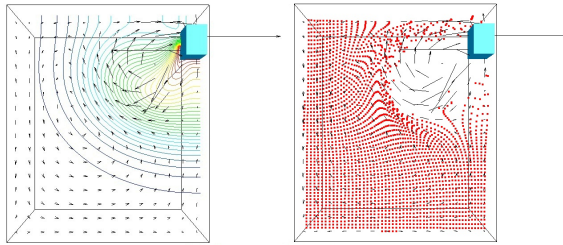
5.2 計算結果 (固定点における温度の時間変化)

部屋に空調しかない状態と、その他に家具がある状態において空調から (1)~(3) の送風を行い、2 つの地点 (部屋の真中にあたる地点、枕がある地点) における温度の時間変化をグラフ化し検証した。計算結果を次頁の図 3 と図 5 に示す。

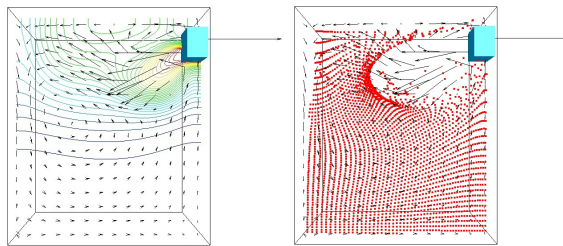
ただし、これらのグラフの縦軸は温度、横軸は時間ステップ数としている。また、黒線が (1) の送風、青線が (2) の送風、赤線が (3) の送風を表している。



(1)床に平行な送風

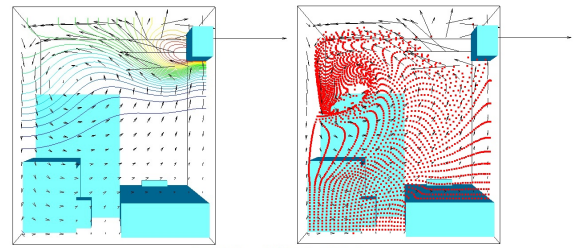


(2)床に垂直な送風

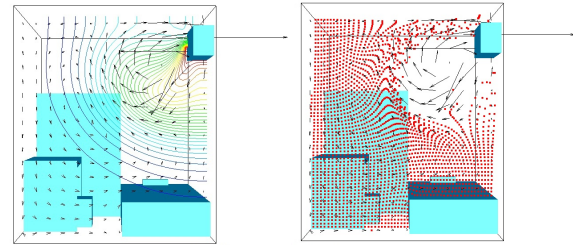


(3)スイングによる送風

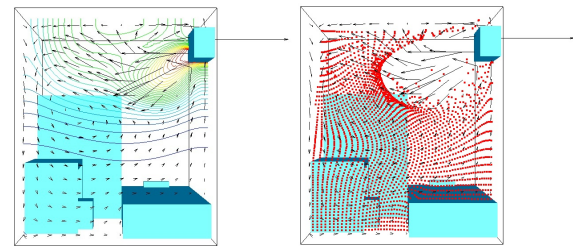
図 2: 空調のみの部屋 (t=10)



(1)床に平行な送風



(2)床に垂直な送風



(3)スイングによる送風

図 4: 家具がある部屋 (t=10)

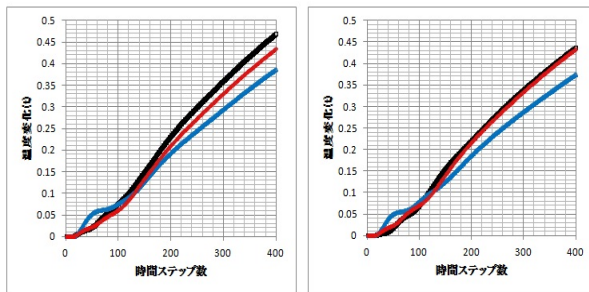


図 3: 部屋の真中にあたる地点 (左: 空調のみ 右: 家具あり)

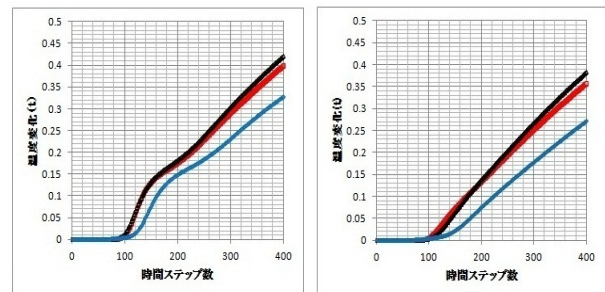


図 5: 枕がある地点 (左: 空調のみ 右: 家具あり)

6 まとめと今後の課題

空調からの暖気の吹き出し方によって部屋の暖まり方に違いがみられた。今回のシミュレーション結果によれば、部屋を均一に暖めたい場合にはスイングか床に平行な送風が効果的だと思われる。床に垂直な送風は暖まり方に偏りがあり、部屋全体を温めたい場合には不向きだと思われる。

今後の課題としては、家具があることによって空気の流れが変化するため、様々な家具の配置でも効果的な送風を検証したい。そのために、暖気の吹き出し方のパターンを増やすことや、エアコン以外の空調(空気清浄機や加湿器など)の導入、また温度を計測する地点を増やすなどして更に細かく検証していきたい。

謝辞

本研究を行うにあたり、ご指導いただきました指導教員の河村先生、本研究室の諸先輩方に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 河村哲也:「流体解析 I」、朝倉書店、1996
- [2] 河村哲也、渡辺好夫、高橋聡、岡野覚:「流体解析 II」、朝倉書店、1997
- [3] 安藤常世:「工学基礎 流体の力学」、培風館、2006