

# 自動車内および電車内における気流のシミュレーション

布施 愛 (指導教員: 河村 哲也)

## 1. はじめに

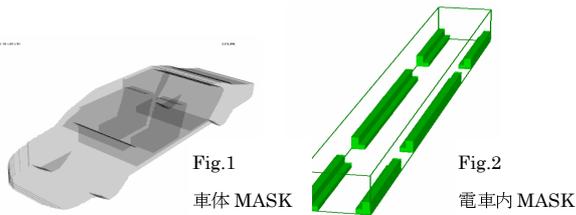
受動喫煙における人体への影響は、数々の医学的研究から有害なものとされている。副流煙は主流煙に比べてニコチンは2.8倍、COは4.7倍、アンモニアは46倍とされる。公共施設での全面禁煙や飲食店での完全分煙が、ここ近年で目立ってきている。しかしながら、家族などが喫煙環境にあると、たばこ煙から逃れることは難しい。

また、近年インフルエンザが流行したが、感染経路の1つに人的接触がある。不特定多数の人が集まり、人間どうしの距離が近くなる状況として、電車があげられる。そこで、本研究では、走行中の自動車内の気流によるたばこ煙の拡散を中心に、電車内の空調による流れも含めて解析を行った。

## 2. モデル化

走行中の自動車を考える。車体の前部より風を吹かせ、後部より抜けていく。大きさは比で横幅：車の長さ：高さを9：20：8とした。4つの窓を作成し、車内には運転席、助手席、後部座席を用意する。

車体を表現するため、0と1の値をもつ配列 MASK を用いた。すなわち、車体部分を0、空間部分を1として、各時間ステップごとに、車がない場合の計算結果に MASK をかけることにより車体の影響を計算に取り入れることができる。



## 3. 格子生成

自動車を含む直方体領域を考え、格子数は横幅方向 X(U)に180、長さ Y(V)方向に330、高さ Z(W)方向を120とした。電車の格子数は X：100、Y：20、Z：20である。

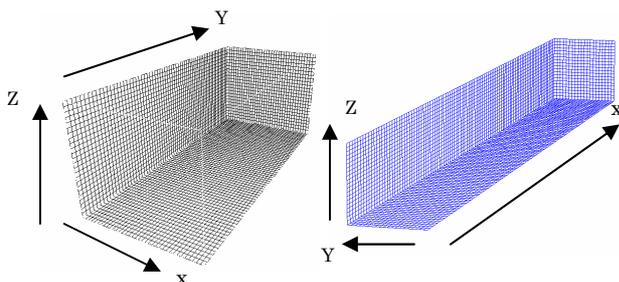


Fig.3 自動車の格子

Fig.4 電車の車両格子

## 4. 計算方法

### 4.1 基礎方程式

乗り物内の気流は非圧縮性流体の流れとみなすことができるので、連続の式-(1)、Navier-Stokes方程式-(2)を支配方程式として計算を行う。

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

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

$\mathbf{v}$  : 速度ベクトル、 $t$  : 時間、 $p$  : 圧力、 $\text{Re}$  : レイノルズ数である。本研究では、乱流粘性を考慮して  $\text{Re}=800$  で計算した。

これらの方程式を FS(フラクショナル・ステップ)法を用いて計算を行った。FS法とは、まず(2)式の圧力項を除いた式を時間微分項で速度について前進差分で近似し、 $\Delta t$  後の仮の速度ベクトルを求める。圧力は仮の速度をつかってポアソン方程式から計算する。さらに、速度と圧力を用いて次の時間ステップでの速度を求める。これを時間的に繰り返して計算をおこなっていく。

### 4.2 初期条件と境界条件

自動車がすでに走行していると考え、速度ベクトル  $V=1.0$ 、 $U$ 、 $W$  は0とする。車内の速度ベクトルは  $V=0$  とした。走行中に運転手が喫煙している状況を想定し、運転席部分に煙源があるとした。

## 5. 計算パターンと結果

窓の開ける場所を変えて2つの場合で解析を行った。

【CASE 1】

【CASE 2】

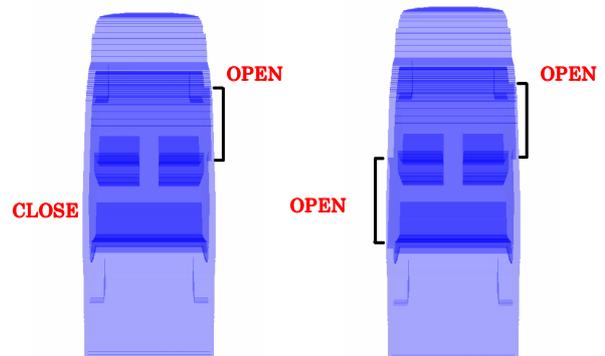


Fig.5 運転席側の窓を開ける

Fig.6 運転席側の窓とその対角線上にある窓を開ける

### 【CASE1】

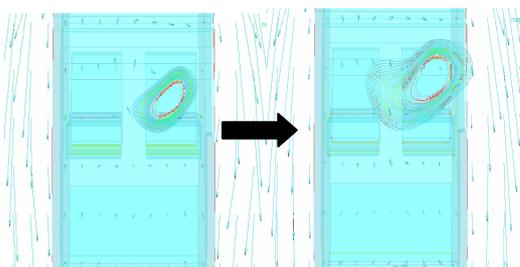


Fig.7 step=800

Fig.8 step=1500

### 【CASE2】

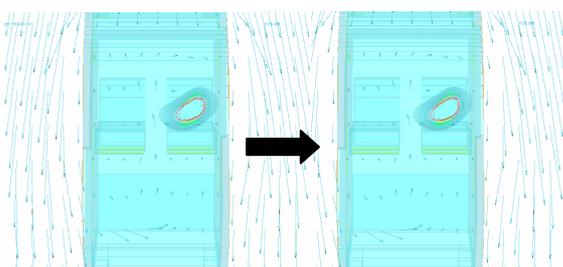


Fig.9 step=800

Fig.10 step=1500

## 6. 考察

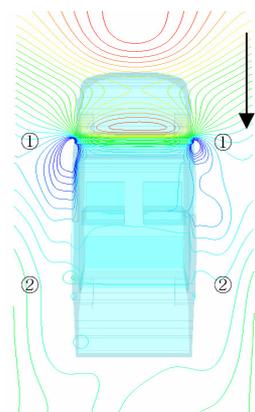


Fig.11 Z方向の圧力分布

CASE1 は CASE2 に比べて、煙の拡散が大きかった。運手席側の窓から出ていく様子も窺えるが、助手席や後部座席への煙の移流が目立った結果が得られた。走行中の自動車では、車内より外側の圧力の方が低くなる。Fig.11 は W 方向 Z=61 における圧力分布を示す。左図より、①の方が②よりも圧力が低いため、車内の気流は後部座席側よりも運転席の窓から流れ出ていくと考えられる。

## 7. 電車内の流れ

電車内で冷房がかかっていることを想定し、冷風の気流の流れと、温度変化について計算を行った。

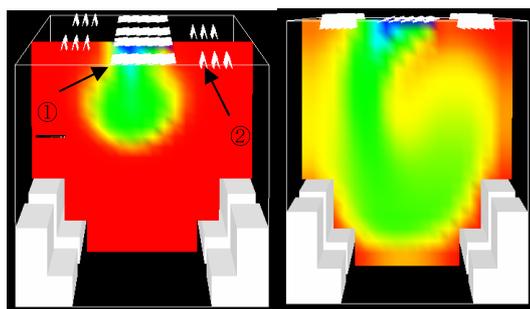


Fig.12 温度分布による表示結果

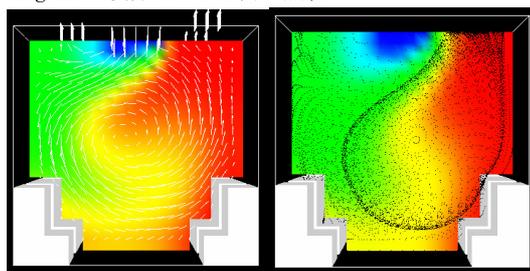


Fig.13 ベクトル表示結果 Fig.14 粒子による表示結果

Fig.12 で①は吹出口を示し、②は吸気口とした。吹出口からは、冷気をスイングさせながら風を送りだしている。Fig.14 をみると、Particle の動きが渦を巻きながら、吸気口へ流れていく様子が確認できた。

## 8. 今後の課題

本研究の計算段階では、自動車内における気流が弱く、思うような結果を得られなかった。また、レイノルズ数の値によって途中で計算が発散したので、今後は上流差分法を用いることや、時間ステップ数を増やし煙の拡散の様子を捉えられるよう、改善に努めたい。

## 9. 謝辞

本研究を進めるにあたりお世話になりました、河村哲也先生、研究室の先輩方、友人に深く感謝いたします。

## 10. 参考文献

- [1]河村哲也、桑原邦朗：『流体計算と差分法』朝倉書店 2005 ISBN4-254-23105-9 C3053
- [2]安全衛生情報センター 平成 20 年度『職場における受動喫煙対策に係る調査研究委員会』
- [3]<http://www.nicorette-j.com/tabacco/>
- [4]<http://toyota.jp/sai/spec/spec/index.html>
- [5]河村哲也：『数値シミュレーション入門』2006 ISBN4-7819-1134-X C3355