

# 複数台の自動車まわりの流れの解析

池田 佳奈子 (指導教員: 河村 哲也)

## 1 はじめに

現在、自動車から排出される汚染物質が地球温暖化や大気汚染、酸雨などの環境問題を引き起こす原因になっているだけでなく、健康へ悪影響をもたらすことも懸念されている。

大気汚染物質は普通私たちの目に映ることができないので、大気中でどのような動きをしているのか見ることができない。そのため、知らぬ間に多くの汚染物質を体内に取り込んでいる可能性がある。そこで本研究では、走行している自動車が大気中どのような影響を与えているのかを数値シミュレーションによって解析することを目的としている。

## 2 モデル化

本研究では、具体例として一般的なセダン型の普通乗用車に注目し、下図のようにモデル化する。自動車まわりの流れを観察するため、直方体型3次元空間領域を考えた。

Case1とCase2の自動車の状態はボンネット部とマフラー部に熱があると仮定し、一定の速さで走行しているとした。そのとき、計算では自動車に固定した座標系を用いたため、静止している自動車に一定の速度の風が当たっていることにする。Case3の自動車の状態は、ボンネット部とマフラー部の熱は考えず、領域内で1台ずつがそれぞれ一定の速さで走行しているとした。また、Case1とCase2とは計算方法を変えて、自動車自体が動いていると考えた。

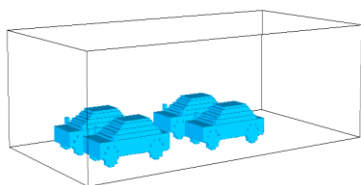


Fig.1: 計算領域



Fig.2: 自動車の格子立体

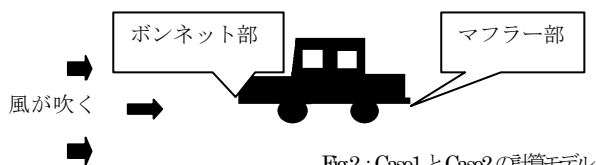


Fig.2: Case1とCase2の計算モデル

## 3 格子生成

格子は自動車まわりの流れをより詳しく観察するために、Case1とCase2では自動車を配置する部分の格子を細かくして、自動車から離れていくにつれて格子が粗くなるような不等間隔格子を用いた。

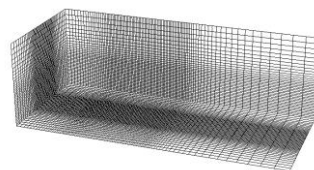


Fig.4: 計算格子 (Case1, Case2)

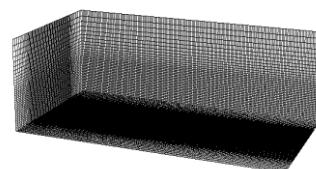


Fig.5: 計算格子 (Case3)

## 4 計算方法

### 4-1 基礎方程式

大気中の流れは非圧縮性流体とみなせるので、連続の式(1)と、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析することができる。

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

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

また熱を取り扱うため、熱に関する方程式(3)も用いた。

$$\frac{\partial T}{\partial t} + (\mathbf{V} \cdot \nabla) T = \frac{1}{\text{Re} \cdot \text{Pr}} \Delta T \quad (3)$$

v:速度ベクトル t:温度 p:圧力 t:時間

Re:レイノルズ数 Pr:プラントル数

ここでプラントル数Prは流れの性質によらない物質の定数であり、0.71とする。レイノルズ数Reは、流体の慣性力と粘性力の比を表す量であるが、本研究では乱流の効果も考慮して2000とした。これらの式から、圧力と速度を分離して計算するMAC法を用いて計算を行った。

### 4-2 自動車の境界

自動車は複雑な形状をした物体であるため計算に組み込むのは容易ではない。そこで本研究では自動車の形状を表わす、3次元配列IFL(x, y, z)を用意する。自動車内部=0、流体部分=1として配列IFL(x, y, z)に代入しておく。

計算を進める際、最初は自動車がないと仮定してすべての格子の流れを計算する。そうして得られた結果に先述の0,1の配列IFL(x, y, z)を掛け合わせる。その結果、流体部分はそのままの値で自動車内部の圧力、速度は0になるようにする。

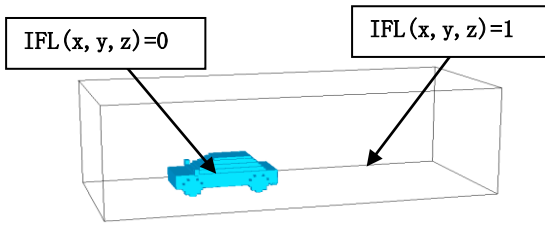


Fig6 : 自動車の判別

## 5 計算結果と考察

自動車が走行する以下の3つの環境について解析を行った。

### Case1 : 自動車1台の通常走行

格子数は走行方向に98、横断方向に52、高さ方向に38とした。このとき、ボンネット部の熱は自動車に沿って後部に流れ、マフラー部の熱も後ろに流れていくのがわかる。

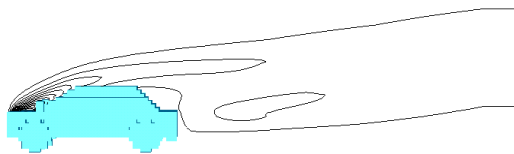


Fig7 : 等温線

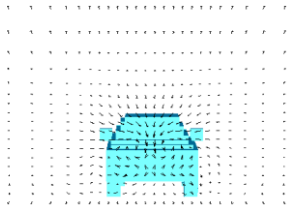


Fig8 : 後部の流れ場

### Case2 : トンネル内の自動車2台の走行

格子数は走行方向に196、横断方向に52、高さ方向に38とし2台が同じ速度で走行しているとした。自動車が1台のときと比べると、前の自動車のボンネット部の熱は若干ではあるが、後ろに流されにくくなっている。後ろの自動車のボンネット部の熱は、いったん上昇してから後方に流れている。

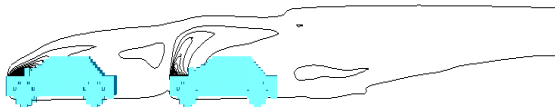


Fig9 : 等温線

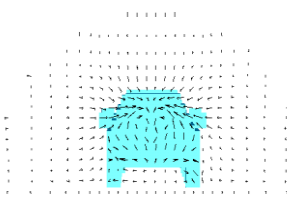


Fig10 : 後ろの自動車の後部の流れ場

### Case3 : 2車線道路での自動車複数台の走行

格子数は走行方向に196、横断方向に83、高さ方向に38とした。同車線に走行する自動車は同じ速度で走行するが、隣同士の自動車の速度は1:2になるようにして、片側車線の自動車が追い越しようとした。Fig.11、Fig.12は地表面に平行な面における速度ベクトルと等圧線図である。Fig.11は走行車線の自動車と追い越し車線の自動車と並んだとき、Fig.12は少し離れたときの図である。Fig.13は2車線間において道路に垂直な面内における速度ベクトルである。複雑な流れが観察される。

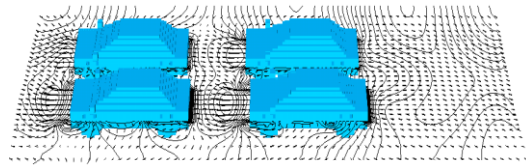


Fig11 : 走行前の自動車を斜め上から見た流れ場

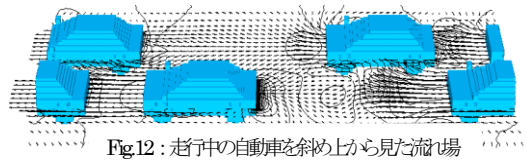


Fig12 : 走行中の自動車を斜め上から見た流れ場

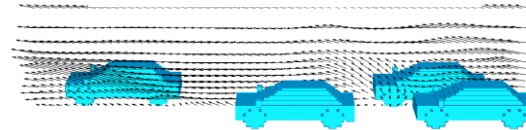


Fig13 : 自動車間の側面の流れ場

## 6 まとめと今後の課題

本研究では同じ方向に一定な速度で走行する自動車を、1台、2台、…と増やしてそのまわりの流れを解析した。自動車が複数台になることでまわりの流れに影響を及ぼすことがわかったが、速度によってそのまわりの流れはより複雑化する。

本研究では直交格子を使ったため、曲線や斜線の部分が精度よく計算できていない。そこで今後の課題としては、格子の生成方法を考えて計算できるようにしたい。また自動車が2車線を走行する場合の熱を考えていないが、今後は熱を考慮したい。車間距離や1台1台の自動車の速度を変えること、自動車同士がすれ違ったときなど、今回検証した以外でのいろいろな状況におけるシミュレーションを行い、より現実に近い条件で考えていきたいと思う。

### 謝辞

本研究を進めるにあたり、ご尽力くださいました河村先生、本研究室の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]江崎朝子：“排気ガスを考慮した自動車まわりの流れの解析”お茶の水女子大学卒業研究発表会要旨集、pp56-57、2005