

ビル風のシミュレーション-理学部校舎群と茗荷谷駅前を例として-

柳本 望帆 (指導教員: 河村 哲也)

1 はじめに

ビル風は都心の高層ビル群周辺の問題であったが、近年は人が多く生活する住宅街にも多くの高層ビルが建設されるようになり、マンションの密集地帯では、局所的に予測不能なビル風が発生するなど身近な社会問題となっている。強いビル風が発生すると、生活はもちろん、店の窓やドアを開けることができないなど、商業への影響も考えられるため、早急な対策が必要である。

そこで本研究では、お茶の水女子大学理学部棟と茗荷谷駅周辺を例にとり、理学部棟では気温や風速の変化によりビル風に変化が見られるのかを検証し、茗荷谷駅周辺では昨年新しく完成した高層マンションによる周辺への影響についてを検証する。この2種類のモデルを用いて、ビルの高さや気温の変化によって現れる変化を目に見える形でシミュレーションし、比較検討を行うことを本研究の目的とした。

2 モデル化

2.1 理学部棟モデル

お茶の水女子大学理学部棟のモデルでは、3次元の直交座標を用い、 $x-z$ を地表面、 y を上空方向にとった。計算領域は、地表面を $100m \times 100m$ 、上空方向を $70m$ とする。また、気温の変化による風への影響を検証するため、モデル全体を 10 (冬) に設定したものと、建物と地表面を 30 (夏) に設定したモデルの2つを用いてシミュレーションを行う。

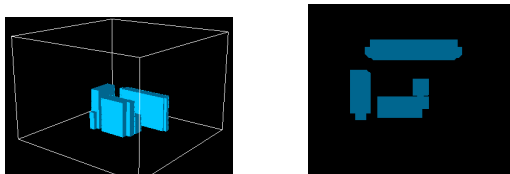


図 1: 理学部棟の格子立体と上空から見た図

2.2 茗荷谷駅周辺モデル

茗荷谷駅周辺のモデルも理学部棟モデルと同様に3次元の直交座標を用い、地表面を $200m \times 150m$ 、上空方向を $100m$ とした。また、最近駅前に建設された高層マンションが及ぼす影響の検討を行うため、建設前の周辺(高さ $25m$)と建設後の周辺(高さ $70m$)の2つのモデルを用いてシミュレーションを行う。(図2)(図3)なお、建設前と建設後で、建物の高さ以外の条件を同じにするため、建設前のビルは建設後のビルの高さのみを変えたものとする。

3 計算方法

3.1 基礎方程式

風速は音速に比べ非常に小さいため、非圧縮性流体の流れとみなせる。従って、連続の式(1)と、非圧縮性 Navier Stokes 方程式(2)を支配方程式として解析することができる。また、理学部棟周辺のモデルは熱

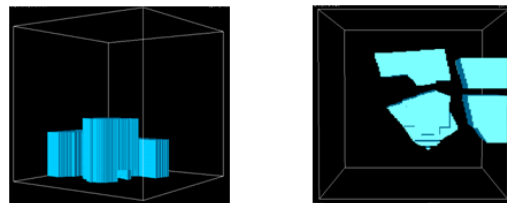


図 2: 茗荷谷駅(建設前)の格子立体と下から見た図

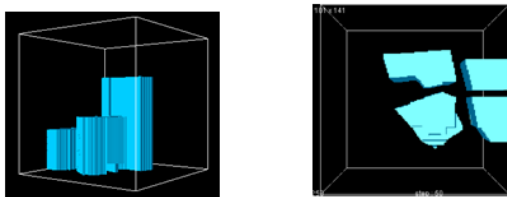


図 3: 茗荷谷駅(建設後)の格子立体と下から見た図も扱うため、熱に関する方程式(3)も用いた。

$$\nabla \cdot V = 0 \quad (1)$$

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

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

V :速度、 T :温度、 p :圧力、 t :時間
 Re :レイノルズ数、 Pr :プラントル数

3.2 建物の境界

複雑な形状のビルを再現するため、ビルの形状をあらゆる3次元配列 $\text{MSK}(j,k,l)$ を用意し、ビル内部を $=0$ 、それ以外を $=1$ として読み込む。計算の各ステップでははじめは建物がないと仮定して計算し、得られた速度に $\text{MSK}(j,k,l)$ をかけることで、建物内部の速度が0になる。

4 計算結果

4.1 理学部棟モデル

大学施設課から提供を受けた資料により、冬の主風向き(北西風)、夏の主風向き(南東風)を使用し、風速 $5m$ の状態で地上 $1.5m$ における流れの様子を調べる。得られた流れを風上側から流入した粒子を用いて表示し図4、図5に示す。また、夏の様子に関しては、温度を考えない場合の風速場を図6に示す。

4.2 茗荷谷駅周辺モデル

茗荷谷駅周辺は建物が連なっているため、風が吹き込む可能性のある北風と西風の場合を考えると、風速 $5m$ の状態で地上 $1.5m$ における流れの様子を調べる。北風時の風速場を図6、図7に示す。また、西風時の風速場を図8、図9に示す。

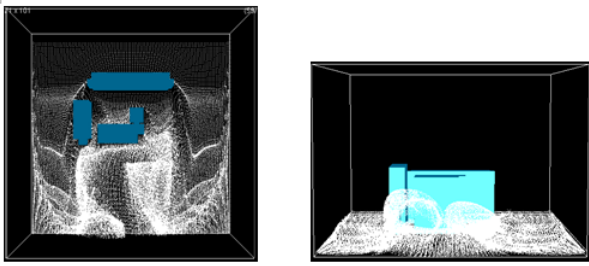


図 4: 理学部棟の冬の様子 (真上から)(南東から)

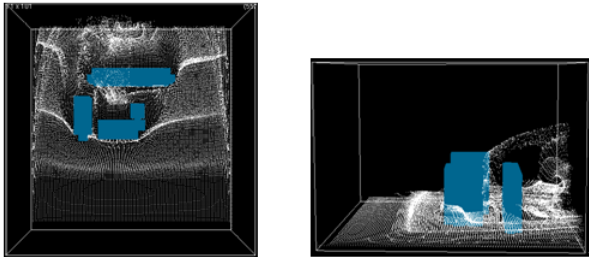


図 5: 理学部棟の夏の様子 (真上から)(北東から)

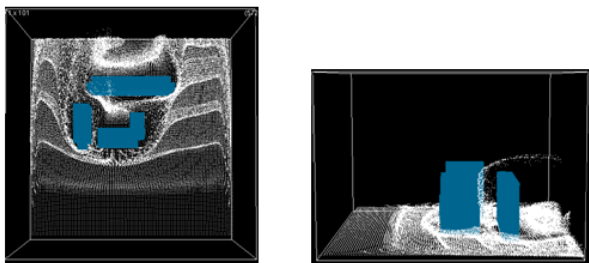


図 6: 夏の条件で温度を与えない場合の様子 (真上から)(北東から)

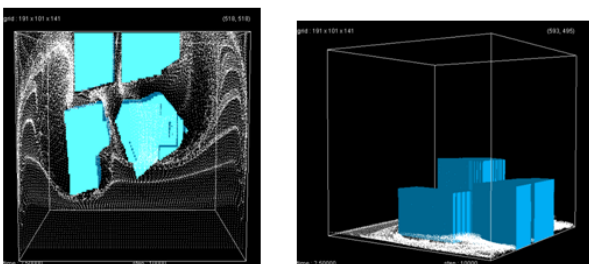


図 7: 建設前の北風時の駅の様子 (真下から)(南西から)

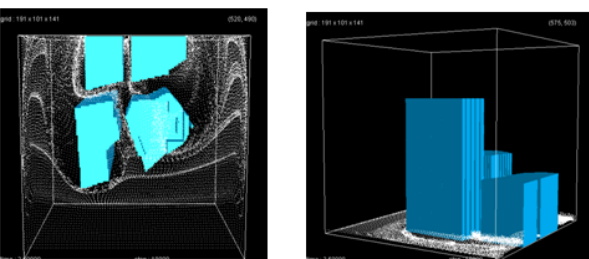


図 8: 建設後の北風時の駅の様子 (真下から)(南西から)

5 考察

夏と冬で温度による風の変化を観察した理学部棟モデルでは、温度を与えることによって上昇気流が発生するため風が増し、温度が高い方がビル付近で強風が発生しやすいことが確認できた。この結果から、気温の変化がビル風の強さに関係していることがわかった。

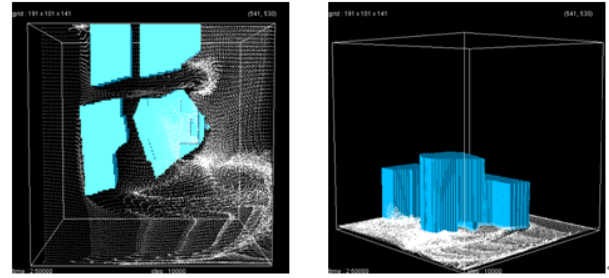


図 9: 建設前の西風時の駅の様子 (真下から)(北東から)

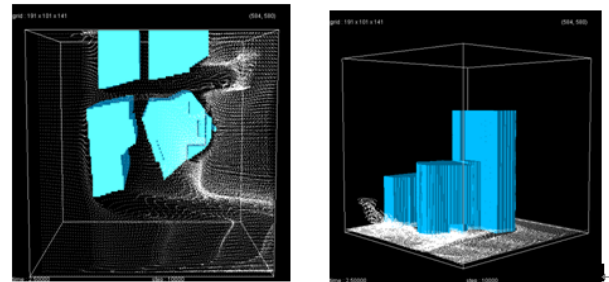


図 10: 建設後の西風時の駅の様子 (真下から)(北東から)

また、温度を与えた時に発生する上昇気流とは無関係に、風が高層ビルに当たることによって発生する上昇流や逆流を確認することができた。更に、夏冬どちらのモデルとも、ビル群を通過した後に発生する下降流により風が部分的に集中し、ビル通過後の風力が最も高くなっていることがわかった。ビルの高さによる風の変化を観察した茗荷谷駅周辺モデルでは、高層ビル建築前に比べ、建築後のモデルの方が風力が強く、狭い路地や建物内の空間を強い風が通過していることが確認できた。また、建設前のモデルの方が、建物に近いところを風が抜けていることから、建物の低い方が風に対する影響が少ないこともわかった。この結果より、ビルの高さとビル風の強さに関係していることがわかった。また、高層ビルを抜けてきた風は、横に広がるだけでなく、上方向にも広がっていることが確認できた。

6 まとめと今後の課題

本研究では、お茶の水女子大学理学部棟と茗荷谷駅周辺モデルを用いて、ビル風のシミュレーションを行い、妥当な結果が得られた。今後の課題としては、まず実測値と比較することがあげられる。また、今回は直交座標を用いたことにより斜線や曲線が粗くなってしまったので、そうした複雑な形状にも対応していくこと、更に建物や地表面の温度を一定に設定したので、日陰や太陽の向きを考慮して温度を設定することなどを考えていきたい。

7 謝辞

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

参考文献

- [1] 安藤常世:”工学基礎流体の流れ”、培風館、1999