

ヒートアイランド現象による東京湾沿岸の温度変化

田中志恩 (指導教員：河村哲也)

1 はじめに

ヒートアイランド (heat island = 熱の島) 現象とは、都市の気温が周囲よりも高くなる現象のことである。気温の分布図を描くと、高温域が都市を中心に島のような形状に分布することから、このように呼ばれるようになった。ヒートアイランド現象には大きく二つの要因がある。一つ目は、土地利用の変化の影響である。アスファルトやコンクリート等による人工被覆域は日射による熱の蓄積が多く、冷えにくい性質があることから、日中に蓄積した熱を大気へ放出することになる。二つ目は、人工排熱の影響である。都市の多様な産業活動や社会活動に伴って熱が排出され、特に都市部で人口が集中する地域では、昼間の排熱量は局所的に $100W/m^2$ を超えると見積もられている。

そのため本研究では、都市化が進むにつれて上空での温度変化の仕方がどのようなになるか、また、一部緑化した場合の上空の温度変化を見るための数値シミュレーションを行った。

2 モデル化・格子生成

2.1 計算領域

東京湾を囲む地域の範囲を東西、南北それぞれ 100km とり、高さを 8km とし、東京圏 (熱源) の面積の違いによる温度変化の様子を調べる。

一日を周期的に表すため初期条件、地表面での境界条件は Table. 2.1 のようにし、それを表したグラフが Fig. 2.2 である。

Table. 2.1: 初期条件と境界条件

Case:	初期条件	境界条件
海	-0.5	$0.5 \cdot \cos(\omega t + \pi/6)$
東京圏	1.5	$\cos(\omega t) + 0.5$
郊外	1	$\cos(\omega t)$

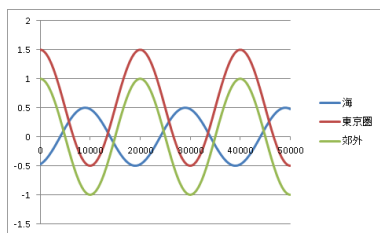


Fig. 2.2: 初期条件と境界条件を表したグラフ

また、地表面以外では断熱条件を用い、全ての境界で東南方向に流速 0.2 とし、コリオリパラメータ f を 0.2 とする。

2.2 格子

格子数は $100 \times 40 \times 100$ とした。 $x : z = 1 : 1$ で、 y 座標のみ上空から地表面になるにつれて格子が細くなるような直交不等間隔格子を用いた。

3 計算方法

3.1 基礎方程式

3次元 Navier-Stokes 方程式, 温度方程式を使用する。

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

$$\nabla \cdot \mathbf{v} = 0$$

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

\mathbf{v} : 速度, P : 圧力, Re : レイノルズ数 (1,000), T : 温度
 Gr : グラフホフ数 (10,000), Pr : プラントル数 (0.71)
 \mathbf{k} : 鉛直方向単位ベクトル, $\boldsymbol{\Omega}$: $(0, 0, f/2)$

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。 $\Delta t = 0.0001$, 計算ステップは 500,000 回とし、25 日分の計算を行った。

4 結果と考察

4.1 測定場所

東京湾沿岸に設置されている 3 つの気象台 (横浜地方気象台、東京管区気象台、千葉測候所) の地点の上空 1km の温度変化を調べた。

4.2 ヒートアイランドの大きさによる上空の温度変化

1 日の中でヒートアイランドの面積が最小の時は徐々にその面積を拡大していき、最大になったら、徐々に縮小していく、ということを繰り返すようにした。(ヒートアイランドの温度が最高の時に面積も最大、温度が最低のときに面積も最小)

そこで、江東区を中心に最大半径 30km、最小半径 20km を Case 1、最大半径 35km、最小半径 25km を Case 2 とする。(Fig. 4.1)

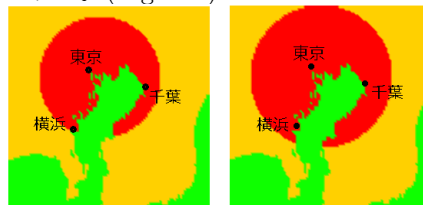


Fig. 4.1: Case 1, Case 2 の高温域が最大時の図
 計測された 15 日後の上空の温度変化はそれぞれ Fig. 4.2、Fig. 4.3 のようになった。

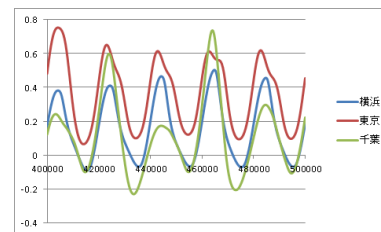


Fig. 4.2: Case 1 の場合の温度変化
 25 日目のヒートアイランドの面積が最大時の上空温度は Fig. 4.4 のようになった。

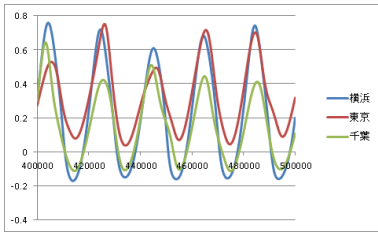


Fig. 4.3: Case 2 の場合の温度変化

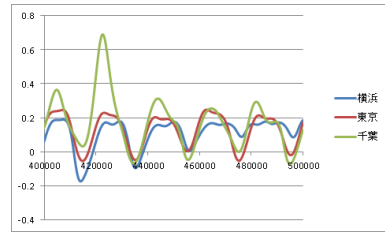


Fig. 4.8: Case 4 の場合の温度変化

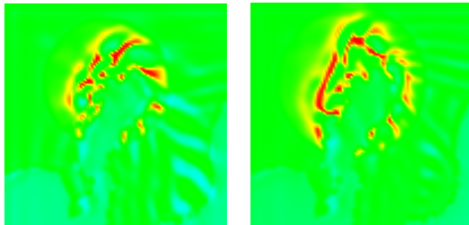


Fig. 4.4: Case 1、Case 2 の高温域が最大時の上空温度

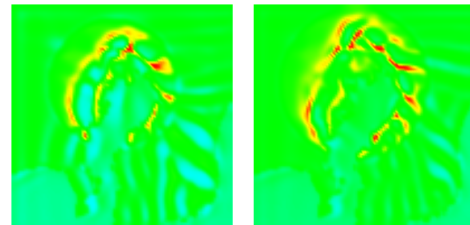


Fig. 4.9: Case 3、Case 4 の高温域が最大時の上空温度

4.3 緑化を進めた場合の上空の温度変化

Case 1、Case 2 の条件に羽田空港から半径 20km の範囲を緑化させ、常に東京圏の温度よりも温度を低くしたものをそれぞれ Case 3、Case 4 とする (Fig. 4.6)。また、その時の初期条件、境界条件を表した票が Table. 4.5 である。

Table. 4.5: 初期条件と境界条件

Case:	初期条件	境界条件
海	-0.5	$0.5 \cdot \cos(\omega t + \pi/6)$
東京圏	1.5	$\cos(\omega t) + 0.5$
緑化部分	1.2	$\cos(\omega t) + 0.2$
郊外	1	$\cos(\omega t)$

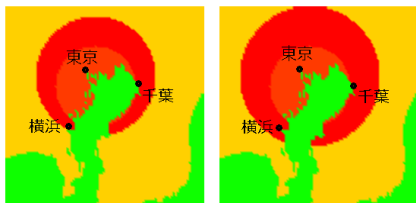


Fig. 4.6: Case 3、Case 4 の高温域が最大時の図

計測された 15 日後の上空の温度変化はそれぞれ Fig. 4.7、Fig. 4.8 のようになった。

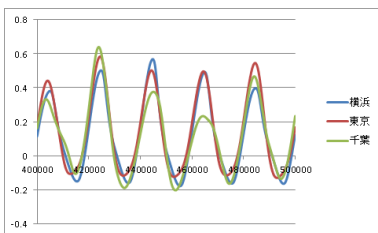


Fig. 4.7: Case 3 の場合の温度変化

25 日目のヒートアイランドの面積が最大時の上空温度は Fig. 4.9 のようになった。

Case 1 と Case 2 を比較すると、ヒートアイランドの面積が大きいほど、東京寄りに上空の高温部分が広がるのではないかと感じた。また、Case 1 と Case 3、Case 2 と Case 4 を比較するとどちらも緑化したときの方が上空温度が下がっていることから、緑化することに効果があるということが分かった。また、緑化をすることで、千葉寄りに上空の高温部分が広がるということも見る事ができた。

5 まとめと今後の課題

ヒートアイランド現象が進むにつれての東京湾沿岸の上空の温度変化に着目した。また、ヒートアイランド現象への対策として挙げられている緑化を行った際、どれだけの効果があるのかをシミュレーションによって検証した。その結果、緑化を進めれば進めるほど効果があると思われ、空気の温度上昇を抑えられることがわかった。

今後は、高層ビルの屋上を緑化させることを国土交通省が推進していることから、実際にビルがあった場合の上空温度変化と、その屋上部分を緑化させた場合の上空温度変のシミュレーションをし、より現在の東京圏の状況に近づけていき、その改善策を研究していきたい。

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] 国土交通省 気象庁 <https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/himrfaq/>
- [3] 国土交通省 「熱環境の改善効果」 http://www.mlit.go.jp/crd/park/shisaku/gi_kaihatu/okujyo/heat.html
- [4] 国土地理院 「数値地図 250m メッシュ (標高)」 <http://www.gsi.go.jp/>