

関東地方におけるヒートアイランド現象

岡島 有希 (指導教員: 河村 哲也)

1 はじめに

ヒートアイランド現象とは、都市の中心部の気温が郊外に比べて島状に高くなる現象であり、近年都市に特有の環境問題として注目を集めている。その主な原因として、オフィスや家庭、コンピュータや自動車などで使うエネルギーの増加、それによって都市周辺に生じる煙霧層が作り出す温室効果、都市の建物の凹凸やコンクリートやガラス等の日射による高温化等が挙げられる。これらのことが悪循環になって、都市の気温は年々上がり続けている。事実、地球の平均気温が100年間に0.6℃上昇しているのに比べ、東京の気温は2℃以上上昇しており、これは地球温暖化の3倍以上のスピードで上昇していることになる。

関東地方におけるヒートアイランド現象のシミュレーションを行うためには、海陸風を考慮することが必要である。海陸風とは、海岸域において一日周期で生じる局地循環流である。日本の大都市の多くは海岸域に発達しており、海陸風は都市から排出される汚染物質の輸送・拡散に重要な役割を果たしている。日本では海岸線や地形が複雑なため、海陸風はその影響を受けて地域性を持っている。そのため、各地域での海陸風の特色を把握することが必要である。

そこで本研究では、関東地方の海陸風の数値シミュレーションを行い、ヒートアイランド現象が海陸風にどのような影響を及ぼすのかを調べることを目的とした。

2 モデル化

本研究では、関東地方の一都三県(東京都・神奈川県・埼玉県・千葉県)を中心にシミュレーションを行う。(Fig.1) 計算領域は地表面を330km×330km、上空方向を12kmとする。中緯度付近の気は、約12kmまでを対流圏、約12km~50kmまでを成層圏、その上を中間圏、熱圏と区別している。(Fig.2) 対流圏では、高さとともに温度が減少しているため対流が起こり、空気が不安定になる可能性が高い。しかし、成層圏では温度は減少せずに増加しているため、空気が安定している。したがって、対流圏でのみ計算を行えば十分と考え、地上から対流圏と成層圏の境である境界面までを計算領域とする。

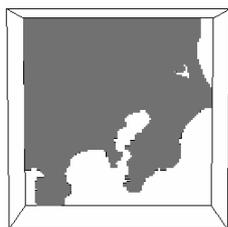


Fig.1 計算領域

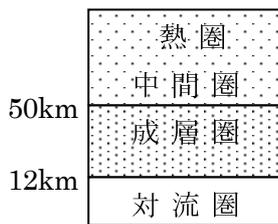


Fig.2 大気圏

3 格子生成

格子数は、x、y方向に100、z方向に50とした。(Fig.3) 座標系は三次元直交等間隔格子を用い、x-y平面を地表面、z方向を上空方向とする。領域の広さは、x、y方向はともに330km、z方向は12kmとしているため、x、y方向に比べz方向(上空)は非常に薄くなっている。結果が見やすいように表示にはz方向だけ20倍に拡大している。

標高地形データは、国土地理院刊行の「数値地図50mメッシュ標高」から抽出し、数値を与えている。(Fig.4)

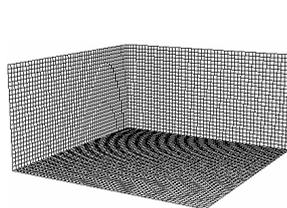


Fig.3 格子

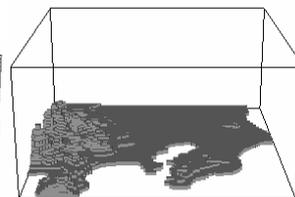


Fig.4 地形

4 計算方法

大気中の流れは非圧縮性流体とみなせるので、(1)連続の式と、(2)非圧縮性 Navier-Stokes 方程式を支配方程式として解析することができる。また、熱を取り扱うため、(3)エネルギー方程式も用いた。ただし、ここで取り扱う気象現象は温度差が小さいためブジネスク近似を用いて支配方程式を簡略化している。

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

$$\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} + (\mathbf{V} \cdot \nabla) \mathbf{V} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \frac{\mu}{\rho} \Delta \mathbf{V} + \mathbf{g} - 2 \boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{V} \quad (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + (\mathbf{V} \cdot \nabla) T = K \Delta T \quad (3)$$

V: 速度、T: 温度、p: 圧力、t: 時間
g: 重力加速度、Ω: 地球の回転角速度
ρ: 密度、K: 熱拡散率、μ: 粘性率

これらの式から、圧力と速度を分離して計算を行うMAC法を用いて計算を行った。

5 計算結果

今回の解析では、海の温度を20度に固定し、陸の温度は14度から26度までの間を一日周期で正弦関数的に変化するように設定した。

$$T = 6.0 \sin(\omega t) + 20 \quad (4)$$

またヒートアイランド現象による流れについてシミュレーションを行うため、東京付近の温度を周囲の陸の温度よりも3度高くなるよう設定した。

海陸風のシミュレーションについて、昼は陸の方が海の温度より高いため、海から陸に風が吹き込んでくる。夜になるにつれて、陸の温度が海の温度よりも低くなっているため、昼とは反対に、陸から海へ風が吹き込んでいる。(Fig.5、Fig.7、Fig.9、Fig.11)

ヒートアイランド現象について、東京付近の昇温によって、海風が強くなり、東京湾から東京付近に強く風が吹き込んでいるのがわかる。また、陸風が弱まる様子も見られ、そのため、東京付近の温度が下がらず、熱が停滞する様子が見られた。(Fig.6、Fig.8、Fig.10、Fig.12)

6 まとめと今後の課題

本研究では、関東地方における海陸風およびヒートアイランド現象についてシミュレーションを行った。ヒートアイランド現象により、都心部へ風が集中して流れ込み、風の流れ全体にも影響を与えることが分かった。

今後の課題として、計算のパラメータを現実の値に近付けることや、土地利用データや人口排熱データを与え現実の現象に近づけることが挙げられる。また、対流圏での温度分布や密度変化を計算に入れ、密度成層の効果を考慮に入れることや、海と陸での表面摩擦の違いを考慮していきたい。さらに、都心部分や京浜・京葉工業地帯から排出される汚染物質が関東地方にどのような影響を与えるかについても解析を行ってきたい。

7 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哲也教授に深く感謝致します。

8 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]尾島俊雄：「ヒートアイランド」、東洋経済新報社、2002
- [4]三上岳彦：「東京異常気象」、洋泉社、2005
- [5]竹島朋子、福田恭子：「陸風・海風の数値シミュレーション」、平成9年度卒業論文

海陸風

(1) 9:00

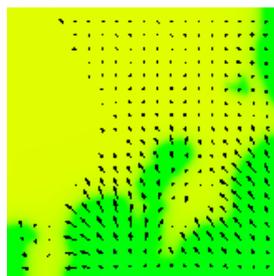


Fig.5 海風

ヒートアイランド

(2) 15:00

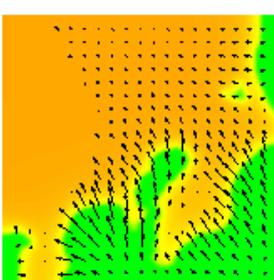


Fig.7 海風

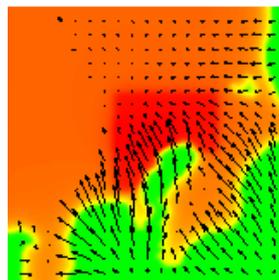


Fig.8 海風

(3) 21:00

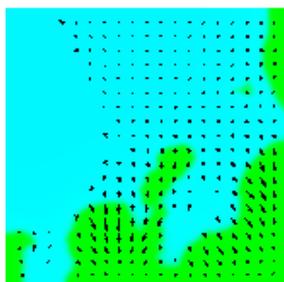


Fig.9 陸風

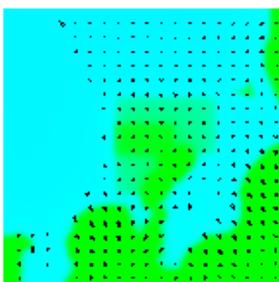


Fig.10 陸風

(4) 2:00

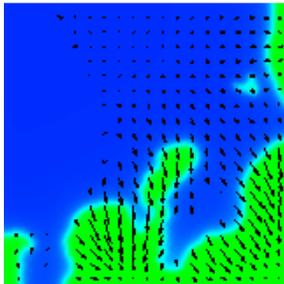


Fig.11 陸風

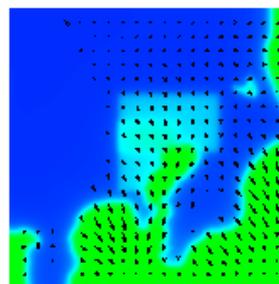


Fig.12 陸風