

関東平野における局地風の数値シミュレーション

中村 絵美 (指導教員: 河村 哲也)

1 はじめに

東京都の年平均気温は、この100年間で約3°C上昇したと言われている。近年、世界中で二酸化炭素やメタン等といった温室効果ガスの増加による地球温暖化が課題となっているが、それによる気温上昇は100年間で約1°Cと考えられており、東京都の気温上昇が特に著しいことがわかる。その原因の一つとなっているのがヒートアイランド現象である。

ヒートアイランド現象とは、都市の気温が郊外に比べて高い状態のことを言い、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、オフィスや家庭等で使うエネルギーの増加、それによって都市周辺で生じる煙霧層が作り出す温室効果、また、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。

本研究で、東京都におけるヒートアイランド現象について研究するにあたり、関東地方における海陸風を考慮することが必要と考えられる。海陸風とは、海岸域において一日周期で生じる局地風のことであり、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、地域での海陸風の特徴を把握することは、本研究に有効と考えた。

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154km×154km、上空方向を11kmとする。中緯度付近の気流は、約11kmまでを対流圏、約11~50kmまでを成層圏、その上を中間圏、熱圏と区別している(Fig.2)。



Fig.1 計算領域

80km	熱圏
50km	中間圏
11km	成層圏
	対流圏

Fig.2 大気圏

対流圏では、高さとともに温度が下降しているため対流が起り、空気が不安定になる可能性が高い。しかし、成層圏では温度は下降せずに上昇しているため、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られるので、地上から対流圏と成層圏の境である圏界面までを計算領域とする。

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、xy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154km、z方向は11kmとしているため、x、y方向に比べz方向は非常に薄くなっている。本研究では、結果が見やすいように、表示にはz方向だけ約2倍に拡大している。

なお、標高地形データは、国土地理院発行の「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)。

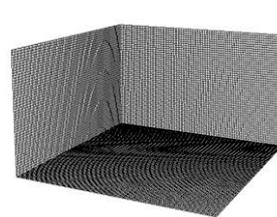


Fig.3 格子

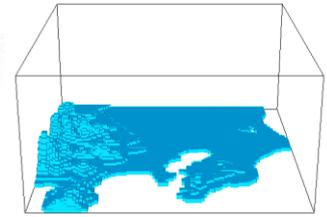


Fig.4 地形

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、連続の式と、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、エネルギー方程式も用いた。これらの式をもとにして、圧力と速度の分離解法であるMAC法を用いて計算を行った。

ただし、ここで取り扱う気象現象は温度差が小さいため、Boussinesq近似を用いて支配方程式を簡略化している。

5 計算結果

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どのような影響を及ぼすのかを調べるために、以下の順序で解析を行った。ただし、温度はすべて無次元化した温度とする。

1. 中央に熱源がある場合のシミュレーション (Fig.5、Fig.6)
2. 左半分が陸地、右半分が海の場合のシミュレーション (Fig.7、Fig.8)
- 3-1. ヒートアイランド現象を考慮しない場合の関東地方におけるシミュレーション (Fig.9~Fig.12)
- 3-2. ヒートアイランド現象を考慮した場合の関東地方におけるシミュレーション (Fig.13~Fig.16)

1.では、底面の中央部分の温度を $T=1$ 、周囲の温度を $T=0$ に固定した。また、2.および3-1、3-2.では、陸地の温度を $T=0$ に固定し、海の温度は $T=-1$ から $T=1$ までの間を1日周期で正弦関数的に変化するよう設定した。さらに、3-2.では、ヒートアイランド現象による影響を調べるため、東京付近の温度を $T=2/3$ に固定した。

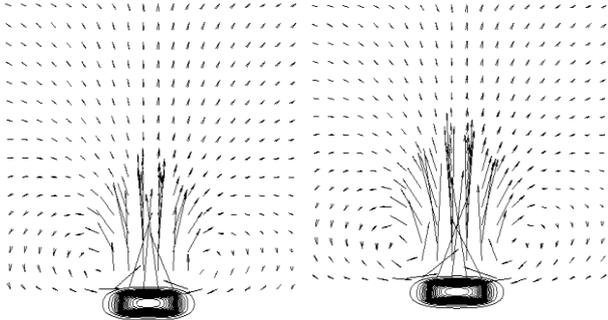


Fig.5

Fig.6

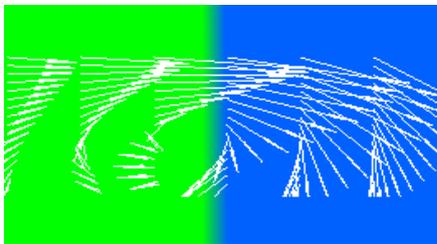


Fig.7 昼



Fig.8 夜

(ヒートアイランド現象を考慮しない場合↓)

《昼》 《夜》

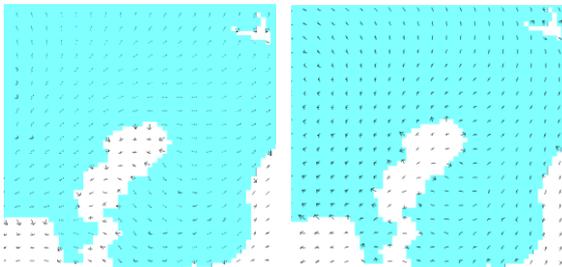


Fig.9

Fig.10

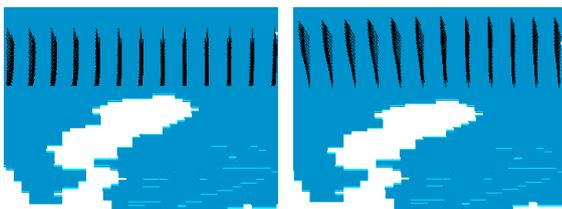


Fig.11

Fig.12

(ヒートアイランド現象を考慮した場合↓)

《昼》

《夜》

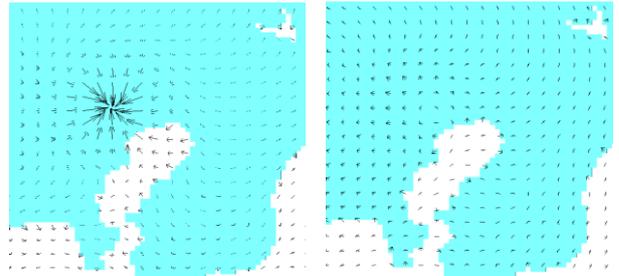


Fig.13

Fig.14

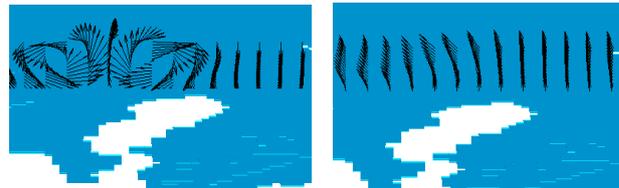


Fig.15

Fig.16

シミュレーションの結果、1.については、ヒートアイランド現象によって、周囲から風が強く吹き込んでいることが分かる。また、2.については、昼は陸地の方が海の温度より高いため、海から陸地に風が吹き込んでおり、夜になるにつれて陸地の温度が海の温度よりも低くなるため、昼とは逆に陸地から海へ風が吹き込んでいる。すなわち、海陸風がシミュレーションできていることが分かる。3-1、3-2.については、ヒートアイランド現象による東京付近の温度上昇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分かる。さらに、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、熱が停滞すると思われる。

6 まとめと今後の課題

本研究は、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、大気の流れ全体に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づけることや、土地利用データや人口排熱データを与えて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た上での密度成層の効果や、海と陸での表面摩擦の違い等も考慮していきたい。

7 謝辞

本研究を行うにあたり、ご尽力くださいました指導教員の河村先生に深く感謝いたします。

8 参考文献

- [1] 河村哲也；『流体解析Ⅰ』、朝倉書店 1996
- [2] 岡島有希；『関東地方におけるヒートアイランド現象』、お茶の水女子大学大学院数理工学専攻修士論文 2008