

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 上昇したと言われる。その原因の1つ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う。

気温の上昇がみられるのは東京だけではない。東京から北東に約 50km の距離に位置する茨城県つくば市もまたその1例である。

つくば市は、県南西部に位置する人口約21万人の都市である。研究学園都市の建設やつくばエクスプレスの開通により、ヒートアイランド化が進行している。

関東平野のヒートアイランド現象について研究するにあたり、局地風(海陸風と湖陸風)を考慮することが必要と考えられる。

日本では海岸線や地形が複雑なため、海陸風は地域性を持っている。また、茨城県南東部に広がる霞ヶ浦は日本で2番目に面積の大きい湖であるため、一般風に打ち消されやすい湖陸風も、他の湖に比べて強いと考えられる。

そのため、この地域における海陸風や湖陸風の特徴を把握することは本研究に有効と考え、それらについて数値シミュレーションを行い、ヒートアイランド現象が及ぼす影響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1都4県(東京都・神奈川県・埼玉県・千葉県・茨城県)を中心に、大きく2つのパターンに分けてシミュレーションを行った(図1、図2)。計算領域は、地表面をそれぞれ $154\text{km} \times 154\text{km}$ 、 $80\text{km} \times 80\text{km}$ 、上空方向をともに 11km とした。

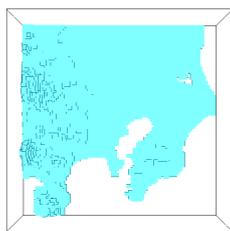


図 1: Case1

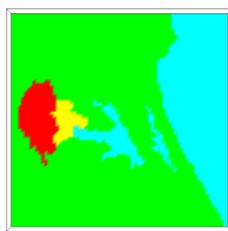


図 2: Case2

中緯度付近の大気は、約 11km までを対流圏、約 $11 \sim 50\text{km}$ までを成層圏、その上を中間圏、熱圏と区別している。対流圏では高さとともに温度が下降しているため、対流が起こり空気が不安定になる可能性が高いが、成層圏では温度は上昇しているため、空気が安定している。よって、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圏界面までを計算領域とする。

3 格子生成

格子数は、Case1では x, y 方向に100、 z 方向に50とし、Case2では同様にそれぞれ75、50とした(図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 方向を上空方向とした。なお、領域の広さに比べ z 方向は非常に薄くなっているため、本研究では、結果が見やすいよう z 方向だけ約2倍に拡大して表示している。

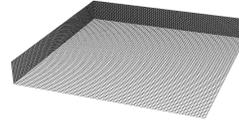


図 3: Case2の格子



図 4: Case1の地形

また、Case1の標高データは、国土地理院「数値地図50mメッシュ(標高)」から数値を与えている(図4)。

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、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 近似を用いている。

5 計算結果

温度はすべて無次元化した温度としている。また、以下の図は全て、左が昼、右が夜の様子を表している。

Case1 東京のヒートアイランド現象による関東地方の海陸風への影響

ヒートアイランド現象が生じていない場合

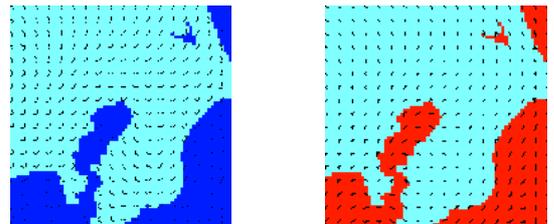


図 5: 地上 1.1km における速度ベクトルの様子



図 6: y 方向の断面における速度ベクトルの様子

ヒートアイランド現象が生じている場合

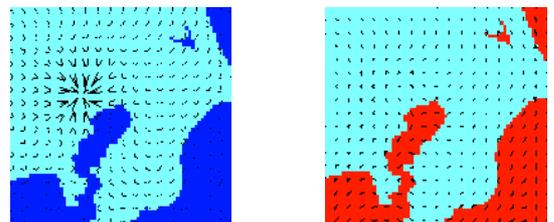


図 7: 地上 1.1km における速度ベクトルの様子

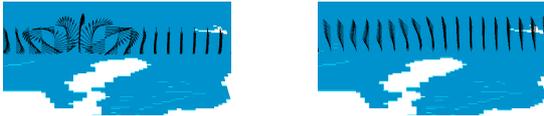


図 8: y 方向の断面における速度ベクトルの様子

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昼間に海風が強くなり、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。

また、夜間に陸風が弱まることで東京付近の温度が下がらず、熱が停滞する様子も見てとれる。

Case2 つくば市と土浦市のヒートアイランド現象による、鹿島灘の海陸風と霞ヶ浦の湖陸風への影響
ヒートアイランド現象が生じていない場合

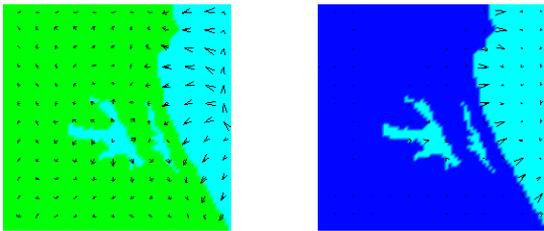


図 9: 地上 660m における速度ベクトルの様子

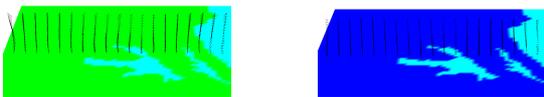


図 10: y 方向の断面における速度ベクトルの様子
ヒートアイランド現象が生じている場合

・つくば市と土浦市の温度が等しいと仮定した場合

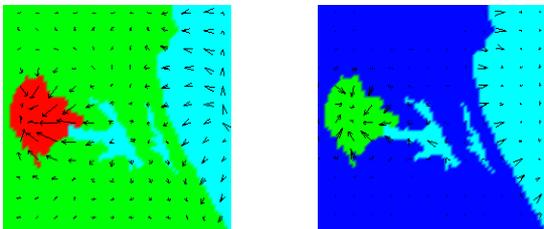


図 11: 地上 660m における速度ベクトルの様子

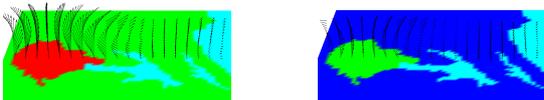


図 12: y 方向の断面における速度ベクトルの様子
・つくば市が土浦市より温度が高いと仮定した場合

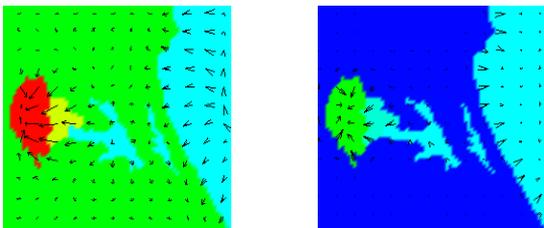


図 13: 地上 660m における速度ベクトルの様子



図 14: y 方向の断面における速度ベクトルの様子

・土浦市がつくば市より温度が高いと仮定した場合

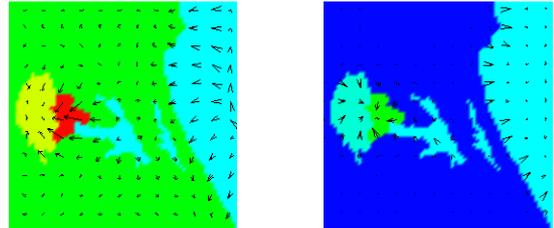


図 15: 地上 660m における速度ベクトルの様子



図 16: y 方向の断面における速度ベクトルの様子

ヒートアイランド現象によるつくば市付近の温度上昇によって昼間に湖風が強くなり、霞ヶ浦からつくば市付近に強く風が吹き込んでいるのが分かる。霞ヶ浦とつくば市の間に位置する土浦市は、つくば市同様ヒートアイランド現象により温度が高いものの、湖風の通り道となっており、ヒートアイランド強度はつくば市に比べて小さいと推測できる。

また、特に霞ヶ浦の西側において、夜間に陸風が弱まる様子が見てとれる。

さらに、鹿島灘における海風についても、若干ではあるがやや強まっている様子が確認できる。

6 まとめと今度の課題

Case1 では、東京のヒートアイランド現象によって都心部へ風が集中して流れ込み、都心周辺の大気の流れに影響を与えることが分かった。

また、Case2 では、つくば市と土浦市のヒートアイランド現象によってつくば市の中西部を中心に風が吹き込み、特につくば市から霞ヶ浦の西岸地域における大気の流れに影響を与えることが分かった。

今後の課題として、計算パラメータを現実の値に近づけたり、土地利用データや人口排熱データを与えることでより現実の現象に近付けること、また、筑波山等の標高データを与えて、鹿島灘の海陸風と霞ヶ浦の湖陸風の相互作用や、つくば市とその周辺におけるヒートアイランド現象による影響等についてさらに考察すること、そして、霞ヶ浦の湖陸風等の影響を考慮した関東平野全体の局地風をシミュレーションすること等が挙げられる。

7 謝辞

本研究を行うにあたり、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。

参考文献

- [1] 河村哲也, 流体解析 I, 朝倉書店, 1996 年
- [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情報科学専攻修士論文, 2008 年