

## 都市化が海陸風に及ぼす影響

東京大学工学部 学生員 池田 典之  
 東京大学 正 員 河原 能久  
 東京大学 正 員 玉井 信行

## 1. はじめに

都市の発展は本来、我々の生活を豊かにするものであるべきだが、一方で様々な問題が起こっているのも事実である。都市域における熱環境問題もその1つであるが、その影響は都市域にとどまらず周辺部にも及ぶものである。ここでは、このような熱環境問題の1つとして、臨海部の都市化によって海陸風がどのように影響を受けるかを海風の侵入に注目して数値解析によって調べた。

## 2. 計算モデルについて

計算に用いた基礎方程式は（1）連続式、（2）X方向とZ方向の運動方程式、（3）エネルギーの保存式であり、非定常の計算を行うために各変数の短時間平均値の式へと変形した。又、ブシネスク近似とk-εモデルを用いることによって、方程式の最終形は以下になる。ただし、以下の式中で添え字のある項が出てきた場合には総和規則に従うものとする。

$$\begin{aligned}\frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_j} &= 0 & \rho_s \frac{D\bar{T}}{Dt} &= \rho_s \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ (\alpha + \alpha_t) \frac{\partial \bar{T}}{\partial x_j} \right\} \\ \rho_s \frac{D\bar{u}}{Dt} &= \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ (\mu + \mu_t) \frac{\partial \bar{u}}{\partial x_j} \right\} - \frac{\partial \bar{p}}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \mu_t \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x} \right) \\ \rho_s \frac{D\bar{w}}{Dt} &= \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ (\mu + \mu_t) \frac{\partial \bar{w}}{\partial x_j} \right\} - \frac{\partial \bar{p}}{\partial z} + \rho_s \frac{\bar{T} - T_s}{T_s} g + \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \mu_t \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial z} \right) & P_k &= \nu_t \left( \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} \\ \rho_s \frac{Dk}{Dt} &= \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right\} + \rho_s (P_k + G_k - \epsilon) & G_k &= \frac{\bar{T} - T_s}{T_s} g_i \frac{\alpha_t}{Pr} \frac{\partial \bar{T}}{\partial x_i} \\ \rho_s \frac{D\epsilon}{Dt} &= \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right\} + \rho_s (C_{1\epsilon} P_k + C_{3\epsilon} G_k - C_{2\epsilon} \frac{\epsilon^2}{k}) & \mu_t &= \rho_s C_{\mu\epsilon} \frac{k^2}{\epsilon}\end{aligned}$$

以上の式を離散化して、図1に示す計算領域において非定常の計算を行った。計算は風速分布に影響を与えると考えられる地表面の粗度と温度の2つに注目して、一般風なしという条件の下で臨海部での地形条件を変えたCASE1～CASE4の場合について行った。CASE1は都市がない場合で、CASE2は臨海部に都市が存在する場合である。又、CASE3は粗度のみを、CASE4は温度のみを都市と同じにしたものである。

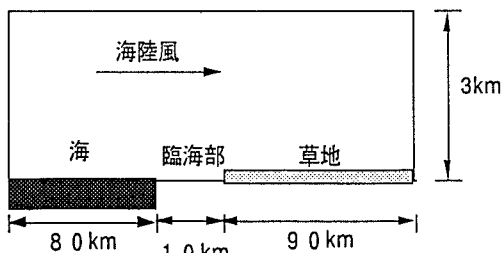


図1 計算領域

|        | 粗度 |    | 地表面温度 |    |
|--------|----|----|-------|----|
|        | 草地 | 都市 | 草地    | 都市 |
| CASE 1 | ○  |    | ○     |    |
| CASE 2 |    | ○  |       | ○  |
| CASE 3 |    | ○  | ○     |    |
| CASE 4 | ○  |    |       | ○  |

図2 地形条件

### 3. 解析結果と考察

まずCASE 1(都市なし)とCASE 2(都市あり)の場合で、特に差が出ていた昼間の海風の侵入状態を示しているのが図3と図4である。これを見ると、CASE 1と比べてCASE 2では都市の上空で発生している比較的強い上昇流に巻き込まれる形で、海風の都市より奥への侵入が妨げられていることと、都市の後背部でもその上昇流に収束するような対流が強まっていることがわかる。この結果は主に都市域での熱性状による上昇流の発生が原因であると考えられるが、そのことを確認するためCASE 3とCASE 4の解析を行った結果は図5と図6に示すようになった。これを見ると、CASE 3の場合にはCASE 1の場合と比較して粗度の影響によって海風の侵入は弱くなっているが、その様子はむしろ都市がない場合に似ている。一方、CASE 4の場合を見ると都市と同じ熱性状を持つエリアでCASE 2の時と同様に強い上昇流が発生しており、都市が存在する場合とほぼ同じ様相をしめしている。本文には提示できなかったが、温度分布についても同様の結果が得られており、CASE 1とCASE 3においては海風の侵入による気温上昇の抑制効果が見られたがCASE 2とCASE 4では海風の侵入が妨げられていたため上記の抑制効果を見ることはできなかった。

### 4. まとめ

本文では地形の違いをあらわすパラメータとして地表面付近の粗度と温度を地形条件として与えたのだが、上の結果を見ると、都市化による粗度の増大よりも地表面の熱性状の変化等による気温上昇の方が風系により変化をもたらすものと考えられる。このことから都市域での気温上昇は都市のみならず、風速あるいは温度等周辺部の環境にも影響を与えると言える。しかし、これらの結果はあくまでも一般風なしなどの設定された条件の下で得られたものである。従って、今後はモデルの改良を行うと共に様々なケースについての解析をすることと、地形条件等に現実的な例を適用することなどをこれからの課題としたい。

### 参考文献

- 1) CHEN、田中伸和：乱流モデルの基礎と応用
- 2) 水谷幸夫、香月正司：コンピュータによる熱移動と流れの解析
- 3) 新田尚 他2名：天気予報の技術
- 4) 近藤純正：大気環境学

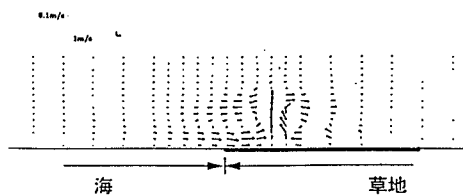


図3 CASE 1 草地 午後2時

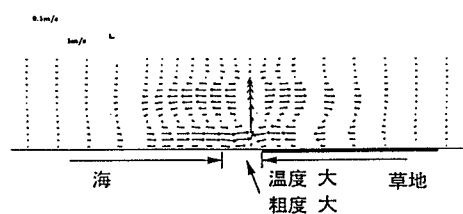


図4 CASE 3 都市 午後2時

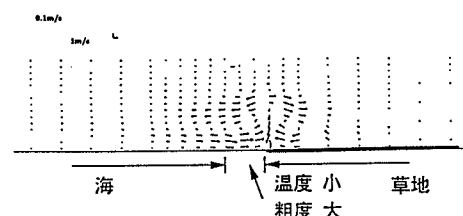


図5 CASE 3 都市と同じ粗度 午後2時

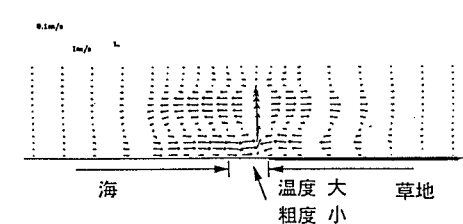


図6 CASE 4 都市と同じ熱条件 午後2時