

II-157

濃尾平野の土地利用変化が気温分布に与えた

影響に関する数値解析

東京都 正会員 久保田 三
豊橋技術科学大学 正会員 北田 敏廣

1. はじめに

土地利用状態(地表面被覆)の変化に伴う局地的な気候の変化については現在まで多くの調査がある。特に、局地的な都市化に伴って局地的に気温が上昇し、高温域が島状に出現するアーバンヒートアイランドについては、多数の報告がある。筆者らは、名古屋を中心とする濃尾平野(図1;南北84km×東西57km)を対象に1975年と1985年の5月12日の気温分布を解析することにより、都市化の進展に伴い最高気温域が真の都市中心部よりもむしろ内陸に移動することを見出した。この説明として「海風時の上流にあたる地域の都市化が進み、海風層の加熱が内陸に行くほど進行することによる」という仮説を立てたが、本研究はこれを数値解析により実証しようとしたものである。

2. 解析方法

本研究では流れ場を観測風に基づく客観解析によって推定し、その流れ場のもとで空間3次元の熱輸送方程式を土地利用分布の熱的效果を反映した境界条件のもとで解くことにより解析した。数値解析を以下のように2段階に分けて行った。

(1) 3次元客観解析による流れ場の推定

客観解析は非圧縮性流体の連続式を制約条件とする変分法による方法¹⁾を用いた。得られた2階微分方程式を中心差分によって離散化し、線形代数方程式系をS.O.R.法で解いた。

(2) 3次元熱輸送拡散方程式による温度場の解析

客観解析で得た流れ場を入力とし地表面において鉛直1次元エネルギー収支モデル(2.1)式を境界条件とする温度に関する移流拡散方程式(2.2)式により空間温度場を求めた。地表10mまでをconstant flux layerと仮定し、Monin-Obukhovの相似理論に基づく鉛直渦拡散係数を用いた。それより上層のエクマン層における鉛直渦拡散係数にはMellor and Yamadaによるturbulence closure model level-2の改良式²⁾を用いた。また水平方向については(2.3)式を用いた。

$$K^*(1-\alpha) + (1.2\sigma T_s^4 - 171) + 0.4 \\ - \sigma T_s^4 + \rho c \alpha K_c \frac{\Delta T}{\Delta z} + (1+1/\beta) \rho c K_v \frac{\Delta T}{\Delta z} = 0 \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + u \frac{\partial \theta}{\partial x} + v \frac{\partial \theta}{\partial y} + w \frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} (K_x \frac{\partial \theta}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K_y \frac{\partial \theta}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (K_z \frac{\partial \theta}{\partial z}) \quad (2.2)$$

$$K_x = \alpha^2 \Delta x \Delta y \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right) \right]^{1/2} \quad (2.3)$$

α : アルベド
 β : ボーエン比
 σ : 長波放射率
 σ : ステファン-ボルツマン定数

①: 濃尾 ②: 四日 ③: 岐阜 ④: 愛知 ⑤: 名古屋 ⑥: 小牧 ⑦: 稲沢 ⑧: 犬山 ⑨: 一宮 ⑩: 津市

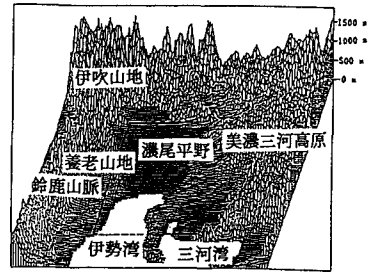


図1 解析領域(太線内)

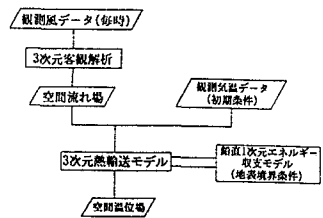


図2.1 解析手順

(2.2)式の解法にはLOB-FEM³⁾を適用した。

3. 結果および考察

(1) 土地利用と人工熱排出の変化

図3.1a, bは10年間に名古屋市周辺特にその北部において都市化が進んだことを示している。また図に示していないが人工熱排出は名古屋を中心に高排出域を形成し'75年~'85年にかけて名古屋周辺部で若干増加、中心部で若干減少している。

(2) 客観解析で得た流れ場

この地域における流れのサイクルは昼間の海風・谷風と夜間の陸風・山風を対とする複合局地風循環を形成している。15時頃より海風の性質が変わり(図3.2a)濃尾平野一帯で中部山岳地帯の熱的低気圧に向かうように北東方向に整流される。陸風時(図3.2b)は海風と異なり風は弱く静穏

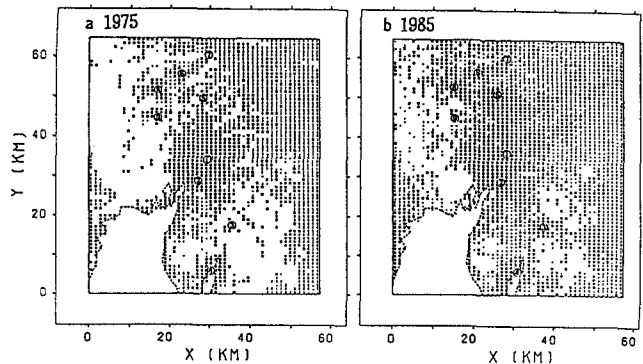


図3.1 土地利用分布図

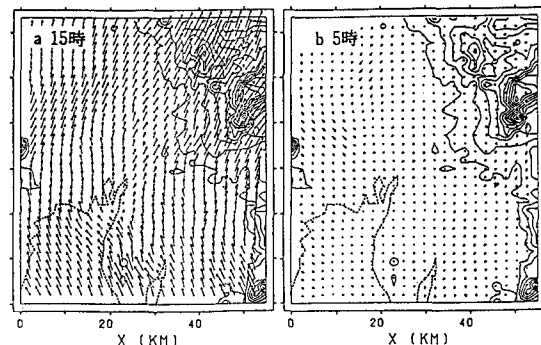


図3.2 地上10mにおける流れ場(1985年)

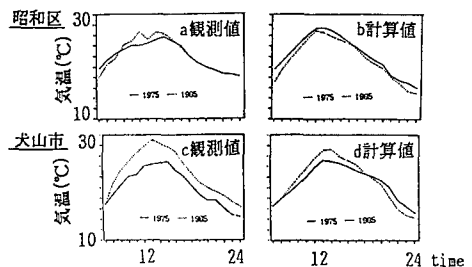


図3.3 代表測定点における気温日変化

状態が続く。

(3)内陸測定点の気温変化

昭和区(図3.3a)は10年間であまり気温の変化はみられない。これに対して犬山市は特に日中の気温上昇が著しい。昭和区の場合、両年とも既に大都市中心部に位置し、土地利用に変化がないため気温が変わらなかったと予測した。犬山市は、局所的な土地利用変化も当然考えられるが、海風上流部(名古屋北側地域)が広範囲に渡って都市化したことに関係があるのではないかと考えた。図3.6は海岸線からの距離と代表観測点での10年間の最高気温の上昇温度の関係をプロットしたものであるが、観測値(実線)は明らかに内陸に行くほど気温が上昇したことを示している。計算値(図3.3c, 図3.6(破線))も同様の傾向を示した。これは熱の移流効果を示唆する。

(4)高温分布域

14時の観測値(図3.4a,b)によると、'75年の高温域は名古屋中心付近に、'85年は名古屋より北部の地域で'75年よりも広範囲で形成されている。これは内陸の面的な高温化が現実生じていることを示している。計算値(図3.4c,d)は観測値と比較するとやや東側に高温域がずれているものの、10年間で高温域が内陸へ拡大したことを示した。地表面が都市化することでの場の顕熱流束が増加し高温化することは容易に予想できるが、この計算結果は、風上側の都市化の進行によって以前より多くの熱の移流を招き、風下地域を高温化させることを示したと考える。

(5)鉛直面温位場の構造

11時の鉛直面温位場(図3.6a,b)でヒートアイランドの断面を見ると'75年はほぼ中心部に「熱の島」があるのに対し'85年はすでにその域を北部に伸ばしており高温域の拡大とシフトの様子を描き出している。

(6)人工排出熱の高温化への寄与

図3.7に人工排出熱を考慮したケース(以上に説明した)と人工熱を考慮しなかったケース(地表面被覆の影響のみ)の最高気温の差と最低気温の差の代表点における値を示す。これによれば人工熱による気温への寄与は相対的に人工熱量の多い名古屋中心部の最低気温時でも0.5~0.6℃、特に周辺都市の日中は0.1~0.2℃と非常に小さい。また図は全熱流束が小さい夜間の方が日中よりも寄与が大きいことを示す。

4. おわりに

3次元熱輸送モデルの濃尾平野を対象とする解析によって次の2つを裏付けた。

- (1)都市表面域拡大による高温域は拡大した都市表面のみでなく熱の移流効果によってその風下側をも高温化する。
- (2)人工排出熱による気温上昇への寄与は日中特に小さく、この地域における新興都市化域でのヒートアイランドへの寄与は地表面被覆の改変によるものである。

以上、流れ場は観測風の客観解析により与えるという予備的な熱輸送シミュレーションを行った。さらに、流れ場そのものも対象とする計算も準備している。また、熱輸送のシミュレーションに関して、都市キャノピー効果をうまく取り入れる必要があると考えている。(参考文献)

- 1)Kitada, T. et al., 1986: Numerical analysis of air pollution in a combined field of land/sea breeze and mountain/valley wind, *J. Climate Appl. Meteor.*, 25, 787-784.
- 2)Kondo, H., 1989: Description of NRIPR mesoscale model, *Report of the National Research Institute for Pollution and Resources*, No. 44, 12-13.
- 3)Kitada, T. et al., 1983: The locally-one-dimensional finite element method (LOD-FEM) for atmospheric transport/chemistry calculations, *Numerical Method in Engineering*, Plurais Pub., 223-233.

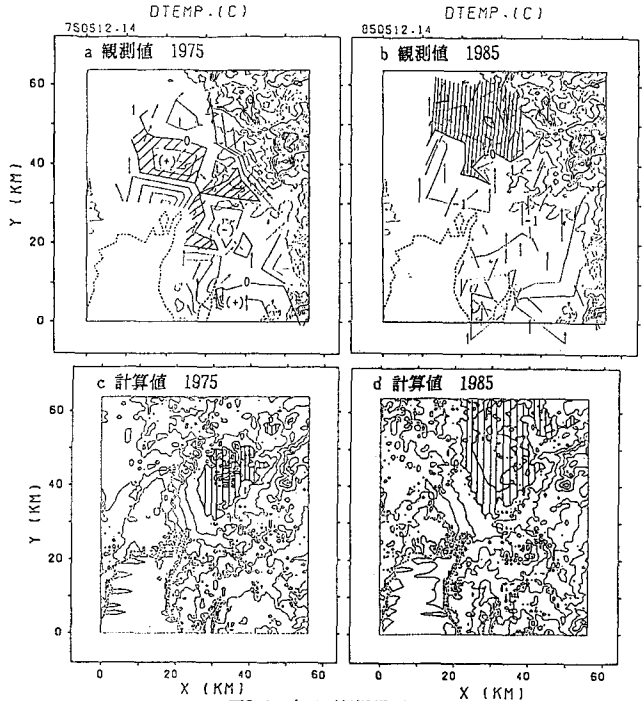


図3.4 水平面気温場 (14時, 斜線部が高温域)

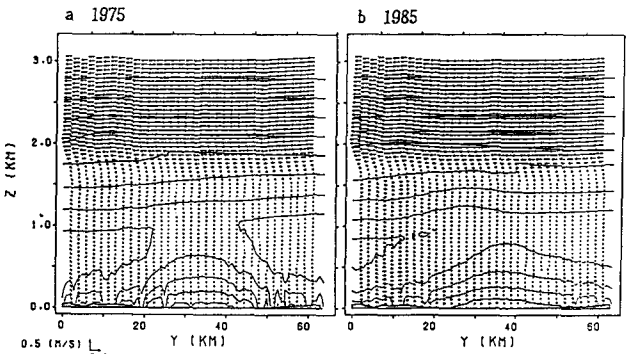


図3.5 鉛直面温位場 (11時, 計算値)

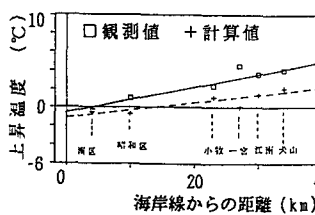


図3.6 最高気温の上昇温度

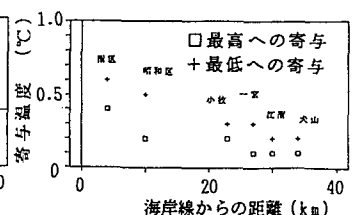


図3.7 人工熱の気温への寄与(1985年)