

II - 476

三次元クロージャーモデルによる都市熱環境構造の解析
—福岡市周辺地域への応用—

九州電力 大濱隆司
九州大学工学部 学生員 金子慎治
熊本工業大学工学部 正 員 上野賢仁
九州大学工学部 正 員 井村秀文

1. はじめに

都市の物理構造の改変にともなう都市特有の熱環境の現状把握と要因分析が、様々な手法で行われている。その際、地形や都市化の程度など地域性の高い要因が都市の熱環境を支配するため、それぞれの地域での熱環境の解析が重要である。本研究では、大気乱流モデルとして三次元クロージャーモデルを構築¹⁾、福岡市周辺の熱環境を解析する。この際必要となる地表面パラメータは、LANDSAT TMから求めて与える。また、午前10時における計算温度とLANDSAT TMの輝度温度との比較により、モデルの整合性を評価する。次に、計算による福岡市周辺の気温分布の日変化について考察し、熱環境の地域特性を明らかにする。また、本モデルを用いた地域的な熱環境の将来予測の一例として、博多湾を埋立した場合の気温分布を予測する。

2. 熱環境解析の概要

本モデルの境界層における基礎方程式系は2次の乱流クロージャーモデル²⁾であり、以下の前提条件を仮定する。第一に、地中及び上空の境界条件は日変化しないものとする。第二に、雲や空中の汚染物質などの影響は考慮しない。第三に、乱流エネルギーの生成と消滅は局所平衡にある。

解析対象は福岡市周辺40km×40kmの範囲で、始点は東経130度10分、北緯33度45分とし、対象日はLANDSAT撮影日の1988年4月15日を選んだ。なお、撮影時刻は午前10時である。解析範囲の等高線図を図1に示す。まずLANDSAT TMデータの最小単位の画素（30mメッシュ）の被覆状態を代表的な16種のカテゴリに分類した³⁾。次に計算に用いた地表面パラメータは、表1のとおり各カテゴリ毎の地表面パラメータ値を設定し、1kmメッシュに平均して求めた。また、地表面では風速は0になるとし、計算領域側面は水平方向の微分項を0とした式を用いた。なお地中25cmでの境界温度は、地表面の被覆状態によって変化することが予想されるため、被覆状態毎に与えることとした。また計算領域上限を3500mとし、福岡管区気象台の高層観測データより決定した境界値を表2に示す。

3. 計算結果及び考察

1) 輝度温度と計算地表面温度の比較

モデルの整合性を評価する際、計算温度と実測値との比較・検討を行う必要がある。しかし一般に、任意の時刻の細密な温度分布を実測として得ることは非常に困難である。従って本研究では、計算温度と実測値の特定時刻の細密温度分布の比較・検討を行った。図2はLANDSATから求めた輝度温度分布図、図3は午前10時の計算地表面温度である。ここで図2と図3を比較すると、計算地表面温度の分布形状は輝度温度のものと類似しており、本モデルが温度分布の特性をよく再現しているといえる。また図1の100mの等高線と20℃の等温線が類似していることから、福岡市周辺における開発はほぼ山の麓まで行われていることがわかる。ここで各地点の計算地表面温度の現実再現の具体性を調べるため、輝度温度と対応する計算地表面温度との相関を求めた（図4）。その結果、高い相関係数（ $R=0.897$ ）が得られ、回帰式も完全相関線とほぼ一致することから、計算地表面温度と輝度温度は一对一で対応していると言える。

2) 計算気温の日変化に関する考察

次に、福岡市周辺部の気温分布の日変化を考察する。10時、12時の気温・風速分布を図5、図6に示す。なお、気温は高度1.5m、風速は高度6.5mの分布を用いた。また図中のポイントはAMeDASの観測点を表す。地表面温度の分布は地表面の被覆状態の違いによって明瞭な温度差が出ていたのに対し、気温分布の方は地表面温度ほどはっきりとした地点差がないことが確認できる。また都心部を中心として、均一に平野部全体に高温域が発達しており、周囲の山によって熱の移動が遮られ、暖かい空気が淀んでいることが分かる。よって

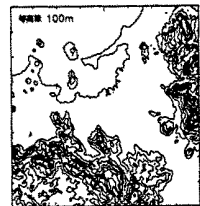


図1 等高線図

表1 地表面パラメータ

地表面	アルベド	粗糙度	熱容量	熱慣性	熱伝導係数	地中温度
	α	z_0 (m)	$C(100\text{g/gK})$	β	$K(10^{-4}\text{W/m}^2\text{K})$	$T(^\circ\text{C})$
水	0.10	0.0001	4.20	1.0	0.14	289
裸地	0.30	0.01	3.10	0.4	0.74	285
森林1	0.25	1.0	3.24	0.9	1.74	285
森林2	0.30	0.1	3.15	0.5	0.94	285
砂浜	0.35	0.0003	3.10	0.4	0.74	285
芝生	0.30	0.005	3.10	0.6	0.74	285
緑地	0.30	0.05	3.10	0.5	0.74	285
ゴルフ場	0.30	0.05	3.10	0.5	0.74	285
水田	0.25	0.01	3.82	0.9	0.43	285
草地	0.30	1.5	2.51	0.3	0.57	285
住宅地	0.35	1.0	2.88	0.2	0.61	285
ビル	0.30	3.0	2.11	0.0	0.53	290
舗装道路	0.20	1.0	1.90	0.0	1.36	290
コンクリート	0.30	0.03	2.11	0.0	0.53	290
アスファルト	0.20	0.03	2.18	0.0	0.07	290
雪	0.10	0.01	2.35	0.0	0.72	290

表2 境界条件

東向き風速U	0m/s
北向き風速V	0m/s
比湿q	$5.194 \times 10^{-4}\text{g/g}$
温度 θ	301.460K
気圧p	65321Pa

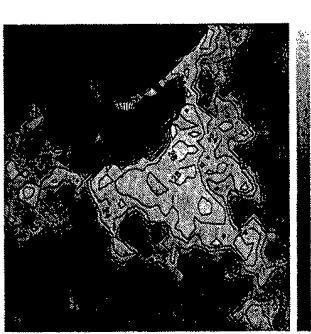


図2.午前10時の輝度温度

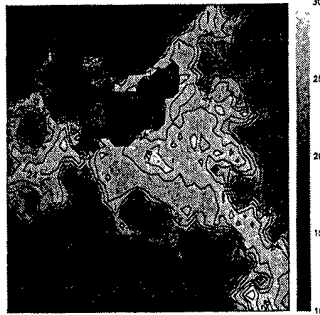


図3.午前10時の計算地表面温度

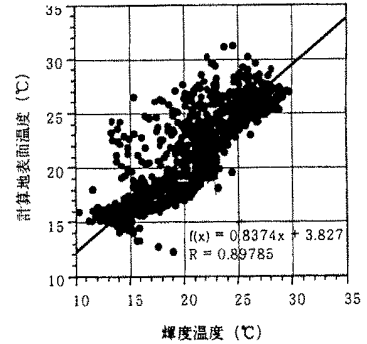


図4.相関図

気温は地表面温度と異なり、地表面の被覆状態だけで決定されるものではなく、地形の効果や周りの温度など、様々な要因で変化するものと解釈できる。12時の気温分布を10時の気温分布と比較してみると、都心部の高温域の中心が、南東の方向に移動していることが分かる。これは、熱が海風によって風下に運ばれ、山地の影響で太宰府周辺に至ったからと考えられる。このことから福岡市周辺の熱環境は、山の影響を強く受けることが分かる。

4. 港湾埋立による影響

都市の港湾地域の埋立は、熱環境に大きな影響を与える。そこで福岡市内の港湾地域を埋立・拡張した場合の気温変化をシミュレーションする。ここで埋立範囲は海岸から5kmとし、地表面パラメータは現在の港湾部の値を一様に与えた。図7に午前10時の気温分布を示す。都心部の高温域が、埋立地域から都心部にわたり広範囲に広がっている。図5との比較により、埋立地が都市のヒートアイランド現象の助長に寄与していることが確認できる。次に埋立による海岸線の変化によって、地表面温度や気温の最高点がどの程度移動するか調べた。図8に埋立前と埋立後の東経130度20分における気温、地表面温度の分布を示す。埋立の影響は、埋立地から内陸側に数km程度の範囲で出ており、臨海地区に発達した福岡の都心部に影響を及ぼしていることがわかる。

5. 結論

輝度温度と計算地表面温度の間に高い相関を得て、モデルの整合性が確認できた。また気温の日変化を図示することによって、ヒートアイランドの形状の変化を視覚的に捉えることを可能とした。博多湾の埋立による気温の変化を予測することで、今後の都市計画における熱環境対策の重要性を示す一つの手法を確立した。

参考文献

- 1) 横山長之:大気環境シミュレーション,白亜書房,1992.
- 2) Mellor, G.L. and T.Yamada:J.Atmos. Sci. 31,pp.1791-1806,1974.
- 3) 上野賢仁ら:環境システム研究,Vol20,pp.262-269,1987.

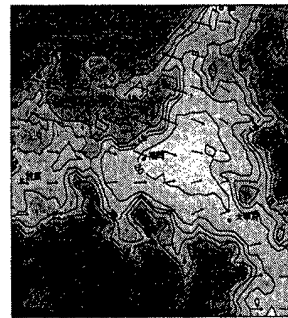


図5.午後10時の計算地気温と風向風速

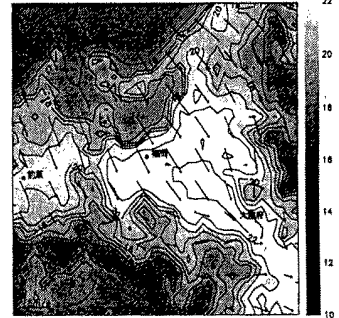


図6.午後12時の計算地気温と風向風速

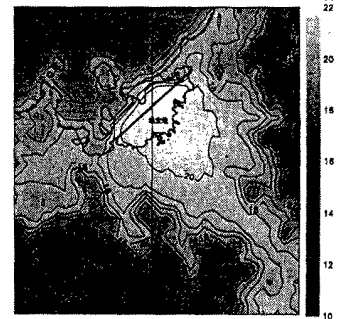


図7.埋立後の午前10時の気温

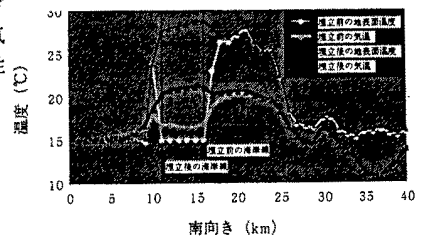


図8.水平方向の温度の変化