

首都圏の夏季の気温分布特性とその日変化 — 数値計算による検証 —

Characteristics of temperature fields and its diurnal variations
in the the Kanto district in summer.

藤野 毅*・浅枝 隆**・和氣 亜紀夫***

by Takeshi FUJINO, Takashi ASAEDA and Akio WAKE

ABSTRACT; In general, the sea and land breezes are said to have a much effect on the heat island convection. The characteristics of sea and land breeze, however, depend much on daily larger scale conditions, such as the mesoscale pressure distribution. Thus it is needed to tolerate the local heat island phenomena. This study is, therefore, aimed firstly at investigating the existing sea and land breeze effect on the heat island phenomena in this area, and then at evaluating the effect of geostrophic wind on the convection.

KEYWORDS; urban heat island, sea-breeze, geostrophic wind, anthropogenic heat

1. はじめに

近年、都市域の拡大に伴って助長される温暖化の問題はますます深刻になっている。都市と郊外の気温差は、一般に建物や道路舗装による地面からの水分蒸発の抑制や人工排熱といった都市化の度合いから評価される。しかしながら、気温の地域特性というものは広範囲な見方では地形の影響、中規模では都市全体の影響、さらに局所的には観測点周辺の建物の影響といった大小様々なスケールの要因によって決定付けられる。さらに、それは最も大きなスケールである気圧傾度によって大きく左右される。都市のヒートアイランド特性やそれに伴って生ずる局地風、さらに海陸風の気温分布に与える影響等、基本的な特徴については明らかにされているが、これらの混在した条件下でそれぞれの地域の気温の代表値を適切に決めることは難しい(木村(1992))。本研究では、数十m程度の局所的な影響を除く気温の地域特性を評価する1つの方法として、地理的な影響および人工的な都市効果の影響を考慮し、最も大きなバックグラウンドである一般風の向きと強さを規準にして形成される夏季の首都圏の気温分布のパターンを見い出すことを目的としている。

* 学生員 工修 埼玉大学大学院

(〒338 浦和市下大久保 255)

** 正会員 工博 埼玉大学助教授 工学部建設工学科

*** 正会員 Ph.D 清水建設技術研究所

(〒135 江東区越中島 3-4-17)

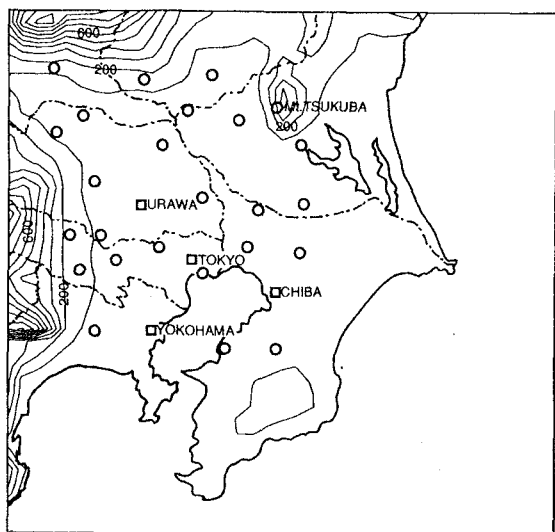


表-1 計算の初期条件(午前5時)

一般風(2000m)	
タイプ A	U = 1.0 (m/s) 北風
タイプ B	U = 2.0 南風
タイプ C	U = 3.0 北東風
計算ユリウス日	220 (8/10)
初期地表面温度	23.0 °C
水温 東京湾	26.0 °C
太平洋	24.0 °C
地表粗度(都心部)	0.1 m
地表粗度(都心部以外)	0.05 m
蒸発能(β法)	都心部; 0.1 近郊; 0.2, 郊外; 0.3, 森林; 0.4

図-1 計算領域(5 kmメッシュ)及び地形図 (○および□はアメダス地点)

2. 風系の違いによるヒートアイランドの形成の変化

首都圏のアメダスのデータを基に、夏季の晴天日の地上風系を3つのタイプに分け、それぞれのタイプにおける気温場を評価した(図-1)。それぞれの風・気温場の統計値を図-2～4に示す。図中に示された値は1989年から1991年までの過去3年間の8月の晴天日におけるそれぞれ数日間の値の平均値を取ったものである。

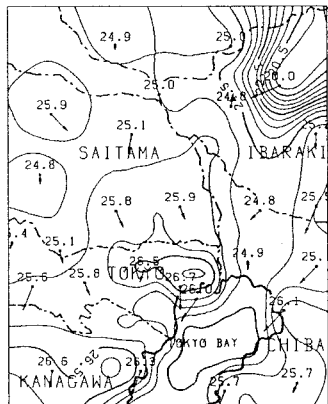
まず、類別された風系のタイプは以下のようなものである。この季節で最も顕著に現われる風系のパターンで、午前中は弱い北風(陸風)が卓越し、午後海風の発生により南風に転ずるタイプ((図-2(a)-(c))以下タイプAとする)。その次に顕著に現われる風系のパターンで、一般風として一日中南風が卓越するタイプ((図-3)以下タイプBとする)。最後に、晴天日にはわずかしこ現われなかった風系のパターンで、一般風として一日中北東風が卓越するタイプ((図-4)以下タイプCとする)。

次に、これらの風のタイプに対するそれぞれの気温場の特性は以下になる。朝方と夜間では、どのような風系においても都心部が最も高温となり、いわゆるヒートアイランド現象が明確に生ずる。一方日中では、高温域は風向に依存し、その領域は都心部の風下側に位置する傾向がみられる。すなわち風が南から吹く場合では、高温域は都心部ではなく首都圏北西部に位置している。また風が北東から吹く場合では、高温域の中心は都心部から西側にずれていることがわかる。ここで風系別に見た気温場の評価は、藤部(1993)が詳しく述べており本調査はほぼ同じ結果を得ている。しかし、昼間の高温域の成因は不明のままである。これらの日中にできる高温域は、近年特に都市化が進んでいる地域と一致するため局所的な都市効果によって生じたものとも考えられている。しかしそれは風向によって大きく異なった様相を示すことから、地理的な影響をも考慮する必要がある。さらに海風の影響や、それを支配する上空の気圧配置など、実際の風速場に応答する気温場の特性を評価するには、大小様々なスケールの影響を評価する必要がある。

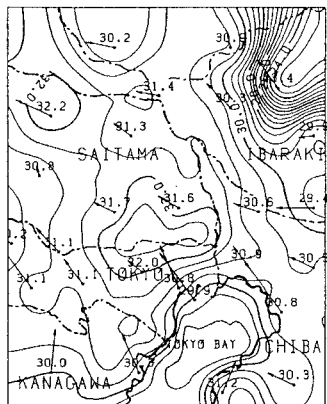
3. 計算

この地域の風系と気温場(特に高温域)の形成との関係について、数値計算による検証を地形的な影響と都市効果の影響を考慮して行った。数値計算に用いた方程式系は、地面に沿った非直交座標系(T. Yamada(1981))における静水圧近似、ブジネスク近似を仮定したMellor and Yamada(1974, 1975)のレベル2乱流クロージャ

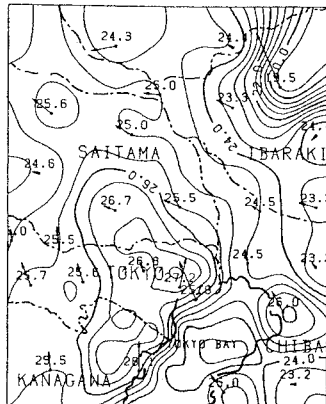
2 m/s



(a) 08:00 LST



(b) 15:00 LST



(c) 22:00 LST

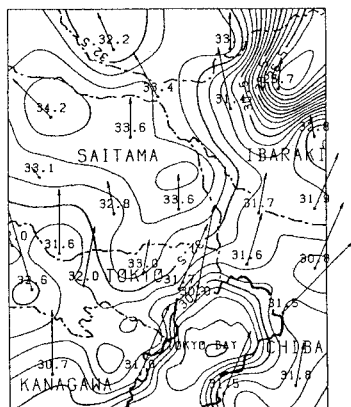
図-2 (a)-(c) タイプAにおける風速場・温度場

ーモデルを用いた。接地層では、相似則を用いて風と気温の分布を決定し、地表面温度は熱収支式と熱伝導方程式により求められた。

計算領域は関東平野部と一部の山岳部を対象に、水平方向に200 km四方、鉛直方向には2 kmまでとり、計算メッシュは水平方向に5 km、鉛直方向には不等間隔で15層に分けた(図-1)。また首都圏内では、複雑な地形や土地利用の影響をさらに精度よく評価するために、水平方向に2.5 kmメッシュのものを内挿した(図-5)。ここで2.5 kmメッシュの計算において、境界値は5 kmメッシュで計算された値を用いた。

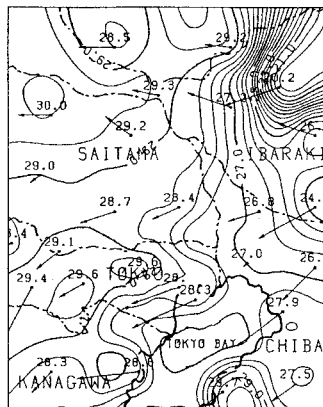
計算の手順は以下のようなものである。それぞれのタイプの風系に対し、まず始めに地形的な影響だけを考慮して計算を行った。すなわち、陸地の標高と陸水の分布のみを考慮し、土地利用の分布はすべて一様な裸地面と仮定し、人工排熱も生じないとした。次に、都市効果の影響を評価するために土地利用と人工排熱の分布も考慮して計算を行なった。この場合では、土地利用毎に地表面の熱特性値、蒸発能および粗度のパラメーターを与えた。人工排熱の分布は Kimura and Takahashi(1991)のデータを用い、地表付近の大気中に吸収されるものと仮定した。ただしこの場合の時間変化については考慮していない。

計算の初期条件については次のようにした。観測値からの統計により、総観場の気温(850hPa、午前9時)は風系のタイプにより最大4度異なり、タイプBが最も高く、次いでタイプA、Cという順に低い(藤部(1993))。しかし、本研究では地形的条件および都市効果の条件の下での風に対する気温場の応答を調べるのが目的なので、初期に与えた温位分布はどのケースも同じとした。風速の鉛直方向の分布の初期条件は地上から対数分布で与えた。計算に用いた主な諸条件を表-1に示す。



15:00 LST

図-3 タイプBの風速場・温度場



15:00 LST

図-4 タイプCの風速場・温度場

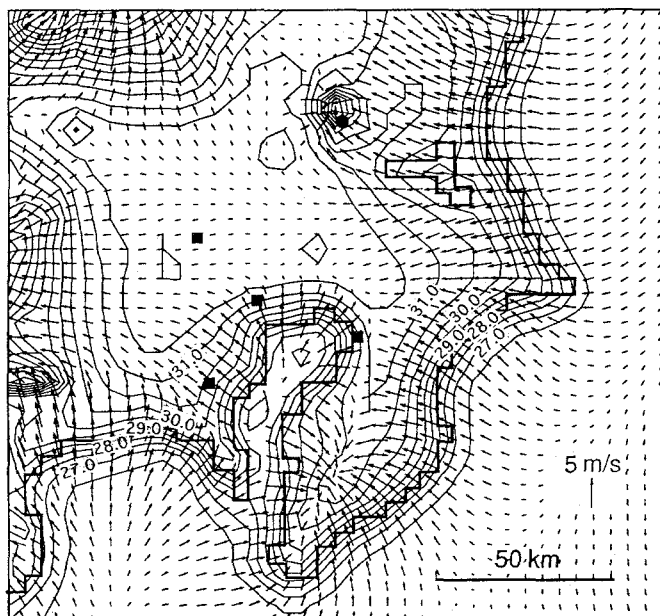


図-6 タイプAの速度場・気温場(計算値・15時・都市効果なし)

4. 計算結果

ここでは夏季に最も顕著に現れ、しかも日中に風向きを変えるタイプAについてのみ詳しく言及する。まず初めに、都市効果を考慮しない場合の結果について述べる。図-6にタイプAの日中の風速場・気温場の分布図を示す。これより各沿岸部で海風が発生し、冷気の進入に伴い海岸部に近いほど気温が下がっていることがわかる。この海風の進入域は、蒲生(1988, 1991)による統計値と良く一致している。山岳地帯でも熱的地形的に誘気された流れが生じている。この付近では標高が高いため気温は低く、最終的には標高が低く、かつ風速が弱く冷気の移流の影響を受けない内陸部で高温域が出来る。ここで、首都圏北西部もその域に達しており、都市化の影響に伴い生じたとも考えられたこの地域の高温化は、地形の影響のみで形成されることがわかった。次に、都市効果を含めて考慮した場合では、風系については大きな変化は生じなかった。しかし、気温場は土地利用特性や人工排熱の影響により変化が見られた。まず午前8時の段階では、風速場は初期条件で与えた弱い北風が卓越している(図-7(a))。この時点ではこの風がヒートアイランドの形を変えるまでに至ってはいない。すなわち高温域は都市効果の最も大きい都心部で現れる。この時点では大気はまだ安定状態に近く、特に人工排熱が風に流されず大きな拡散もないうまも地表面付近で吸収された影響が大きいことがわかる。次に午後3時では、風速場は各沿岸部からの海風が発達し、都心部は完全に海風域に入っている(図-7(b))。この時では都市効果を考慮しても、冷気移流の影響が勝って気温は低下する。大気は乱流状態にあるので、土地利用や人工排熱の多さから予想される多量の熱フラックスの、地上気温の上昇に与える影響は安定時と比べ相対的にかなり小さくなる。一方、首都圏北西部では風系はやはり都市効果を考慮しない段階での計算とはほぼ同じで、どちらの海風が卓越しているともいえず、冷気塊の進入の影響はほとんどない。従って、この地域で最も高温になることが再現され、都市効果を考慮しているので高温化はさらに助長された。最後に午後10時では、首都圏の風系はほぼ南風が卓越するようになる(図-7(c))。これは東京湾の水温が太平洋よりも高いことと、水塊の範囲が小さいことにより、陸地との圧力差がより大きい相模湾

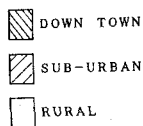
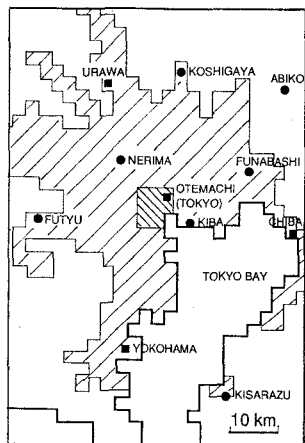
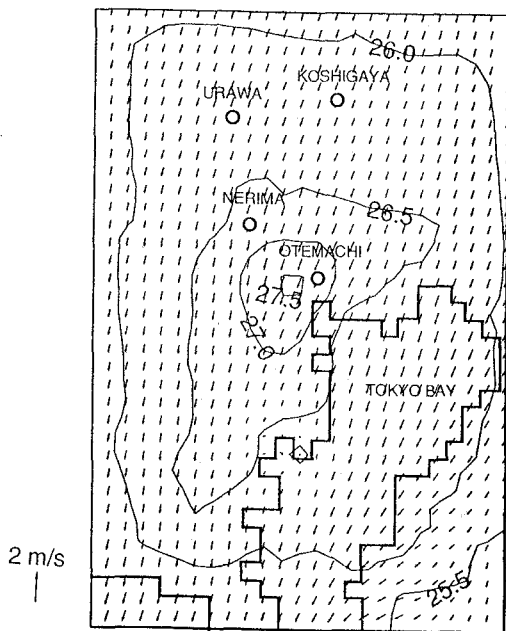
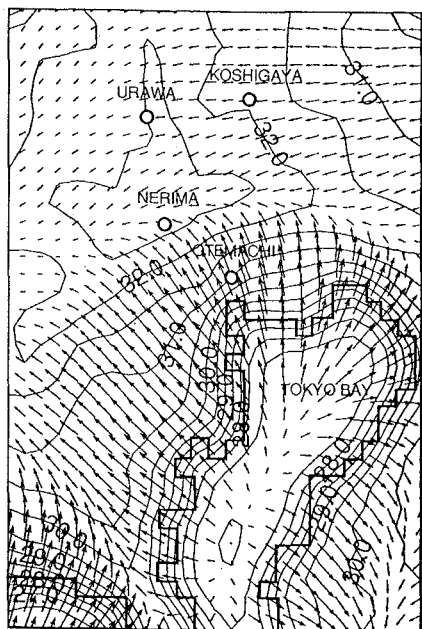


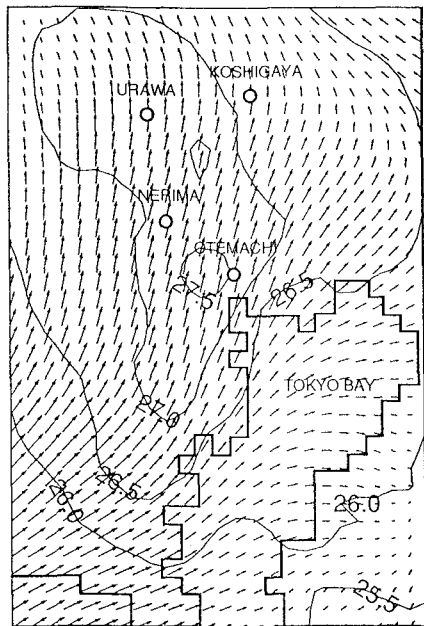
図-5 土地利用図(2.5km メッシュ)



(a) 08:00 LST



(b) 15:00 LST



(c) 22:00 LST

図-7 タイプAの気温場・風速場(計算値・都市効果あり)

からの海風が序々に卓越した結果である。この時の大気は再び安定状態になり、温度場は都市効果によって再び都心部で最も高くなった。また、高温域は風下側に延びていることがわかる。これは日中の高温化による影響と、大都市の風下に位置することから熱の移流も加わって形成されている。

その他のタイプの風系における首都圏の日中の気温場の形成について述べる。まずタイプBでは、タイプAと同様に首都圏北西部で高温域が現れる。ただし、このときの風は全体として南から北へ進むので、この方向に内陸に進むほど高温となる。都市効果を考慮すると、首都圏北西部の近郊はさらに高温になる。次にタイプCでは、北東風が卓越し都心部には海風が入りにくくなる。従って、このケースでは都市効果の大きさに基づいて都心部から西側が最も高温となる。最後に、タイプ別の各地点における気温の日変化を図-8 (a)-(c)に示す。日中では、海風による冷氣移流が生じるタイプAおよびBで都心部の気温が郊外より低くなり、気温の最高記録時も内陸より早くなる。特にタイプBでは、常に海上からの移流があるため、気温差の逆転はさらに早まって生ずる。夜間では逆に、都市効果の影響がどのタイプとも強く現れていることがわかる。

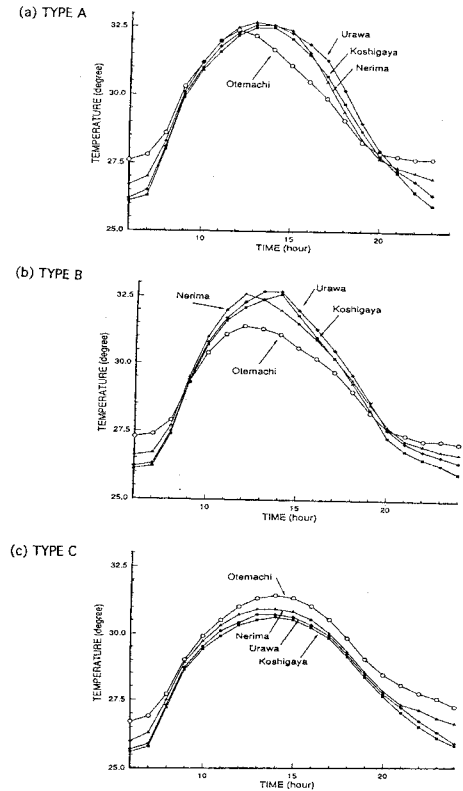


図-8 気温の日変化(計算値・都市効果考慮)

参考文献

- 1) G.L.Mellor and T.Yamada: A hierarchy of Turblent Closure Models for Planetary Boundary Layers, J. Atmos. Sci., Vol.31, pp1791-1806, 1974.
- 2) T.Yamada: The Critical Richardson Number and the Ratio of the Eddy Trnsport Coefficients Obtained from a Turblent Closure Model, J. Atmos. Sci., Vol.32, pp926-933, 1975.
- 3) T.Yamada: A Numerical Simiration of Nocturnal Drainage Flow, J. Meteo. Society of Japan, Vol.59, No.1, pp108-122, 1981.
- 4) F.Kimura and S.Takahashi: The Effects of Land-Use and anthropogenic heating on the surface temterature in the tokyo metroplotan area, Vol.25B, No.2, pp155-164, 1991.
- 5) 蒲生稔: 混合層と海風域の境界, 公害, Vol.23, pp37-46, 1988.
- 6) 蒲生稔: 海上風域と混合層域の消長の時間変化, 公害, Vol.26, pp21-30, 1991.
- 7) 吉門洋: 海岸の都市が海風と汚染物質拡散に与える影響の数値実験, 天気, Vol.37, No.10, pp43-50, 1990.
- 8) 木村富士男: 都市の熱汚染, 大気汚染学会誌, 第27巻, 第6号, pp87-94, 1992.
- 9) 藤野毅・浅枝隆・和氣亜紀夫・孟岩: 埼玉県南地方を対象にした郊外型ヒートアイランドの特徴, 水工学論文集, 第37巻, pp.591-596, 1993.
- 10) 藤部文昭: 関東平野における春・夏季晴天日の気温分布の日変化, 天気, Vol.40, No.10, pp29-37, 1993.