

首都圏の夏季のヒートアイランドの形成と地衡風の関係について

The relation between heat island phenomena and geostrophic
wind with an example of Tokyo Metropolitan Area

藤野 毅*・浅枝 隆**・和氣 亜紀夫***

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 relate 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

都市域のヒートアイランド現象は地表面の改変、人工排熱の増加等、様々な要因が絡み合って形成される。特に、東京の夜間の気温は都市域の拡大や人口集中に伴い年々増加の一途を辿っている。このヒートアイランド形成は静寂に近い状態では顕著になり、これが局地風系にも影響を及ぼす（例えば藤部・浅井(1979)）。しかしながら、東京のように沿岸部に位置する場合の都市では日々海陸風が存在するため、これが熱環境の形成にも大きく影響を及ぼしている。事実、昼間の最高気温は熱排出の最も大きい都心部よりも近郊で生ずる(藤野 他(1993))。このように、いずれの場合も都市上空の風特性は、まず第一により大きなスケール、すなわち総観場における圧力場に依存しており、この圧力場の違いがヒートアイランドの対流特性や気温場の形成を変えている。従って、ヒートアイランド現象と総観場の地衡風の強さによって生ずる海陸風の状態を関係付けることが最も重要であろう。本研究では、海陸風がこの地域のヒートアイランドに及ぼす影響について考察し、さらに地衡風の強さによる影響について、数値計算により定量的に評価した。

2. 風系の違いによるヒートアイランドの形成の変化

まず、夏季の晴天日の日中(6時~18時)における首都圏の地上風を風向別に分類すると、およそ9割

* 埼玉大学大学院 Graduate student, Saitama University.

** 埼玉大学工学部 Faculty of Engineering, Saitama University.

*** 清水建設技術研究所 Institute of Shimizu Co. Ltd.

が南系の風(内1割は風速2.4m/s以上の強南西風)で占めてられており、残りが北系の風であることが報告されている(藤部(1993))。これらの風と気温場との関係を調べると、大きく3つのタイプに分けられることがわかった(藤野 他(1994))。まず、北風が卓越する日で、気温は一日中都心部の方が周辺の近郊よりも高い場合(タイプA)、次に午前中は弱い北風で、午後南風に転ずる日で、日中は近郊の方が都心部よりも温度が高くなる場合(タイプB)、最後に一日中強い南風が卓越し、日中近郊の方が都心部より温度が高くなるだけでなく、夜間の温度差が小さくなる場合(タイプC)である。それらの気温と風向・風速の日変化の例を図1(a)-(c)に示す。ここで、夏季においてはタイプBが最も顕著に現れ、次いでタイプC、タイプAの順で、最後のタイプAは晴天日にはわずかしこ現れなかった。それぞれ、夜間では一般風がある程度存在しても、都心部においてヒートアイランド現象が明確に生じているが、日中では風向きが南の場合、殆ど近郊が都心部より高温になることがわかっている。この高温域は近年都市化が進んでいることによって生ずるものと考えられるが、東京湾からの海風との関係もその影響範囲から極めて重要であると考えられる。さらに、この海風の強さや向きはこれを支配する地衡風の向きや強さに依存する。そこで、地衡風の条件を幾つか変えて、以上のような特徴を、数値解析によって再現する事を試みた。

3. 計算

計算は、都心部の大手町付近を中心とした東西60km南北100km 高さ2kmの領域を対象にし、水平方向には2kmメッシュ、鉛直方向には不等間隔で15層に分けて行った。解析に用いた方程式系は、静水圧近似、Bussinesq近似を仮定したMellor and Yamada(1981)の乱流クロージャーモデルに準じている。地表面の状態は土地利用毎に分け、それぞれ熱パラ

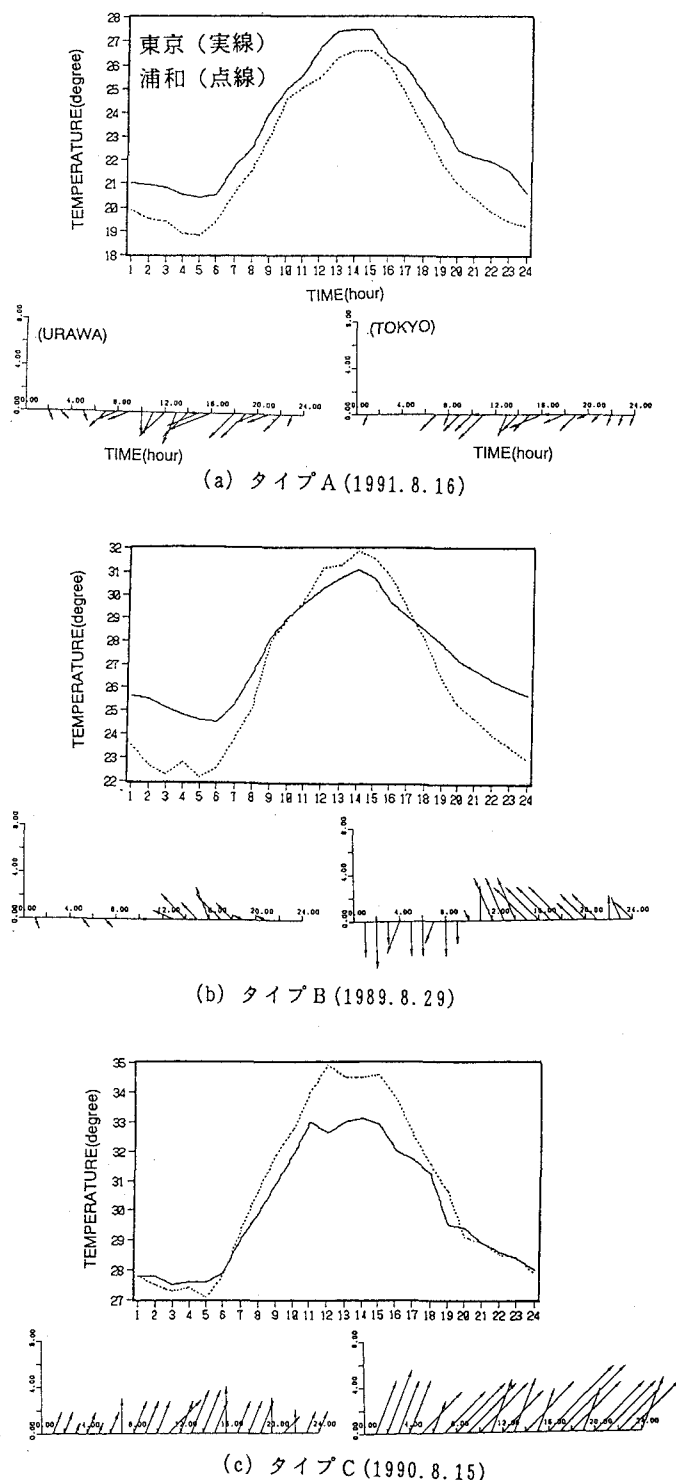
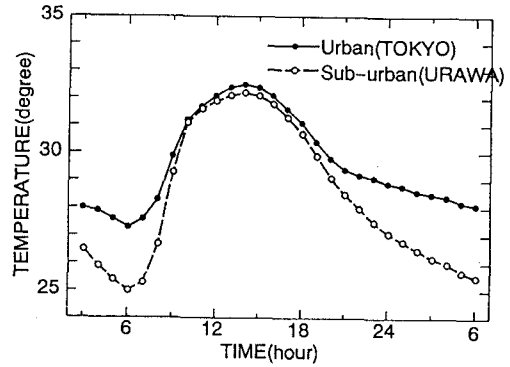


図-1 都心部と近郊の気温、風向・風速の日変化の例

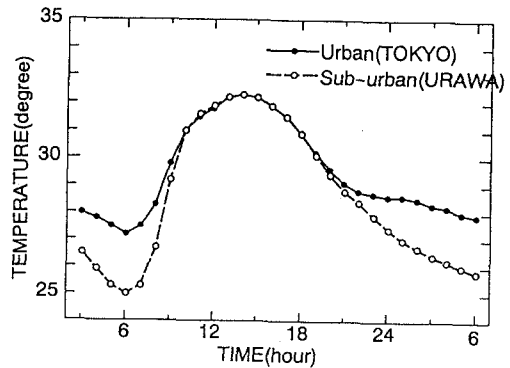
表-1 計算の諸条件

case 1	地衡風 $U_g = 2.0$ (m/s) 北風
case 2	地衡風 $U_g = 1.0$ 北風
case 3	地衡風 $U_g = 4.0$ 南風
case 4	地衡風 $U_g = 7.0$ 南風
case 5	地衡風 $U_g = 10.0$ 南風
計算ユリウス日	220
初期温位(午前3時)	26.0 °C
温度減率(800mまで)	0.0035°C/m
温度減率(800m以上)	0.0053°C/m
初期地表面温度	23.0 °C
水温	24.5 °C
地表粗度(都心部)	0.1 m
地表粗度(都心部以外)	0.01 m
蒸発能(β 法)	都心部: 0.05, 近郊: 0.1, 農村域: 0.4, 森林: 0.6
アルベド	0.2

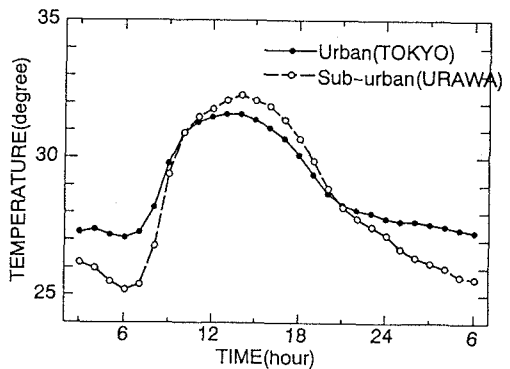
メーター、蒸発能をあたえた。また、人工排熱はKimura and Takahashi(1991)のデータを用い、地表付近の大気中に吸収されるとした。この場合、時間変化はないものと仮定した。陸地での地表面粗度の分類は都心部のみで大きく、それ以外は一樣とした。一般に、都市キャノピー内からの乱れや熱特性などは十分明らかではないが、ここでは深く触れないことにする。観測によると、北風の場合では総観場の気温が低く、強南西風の時は逆に高い(藤部(1993))。しかし、本研究ではヒートアイランドと地衡風の向き及び強さとの関係を調べるのが目的なので、初期に与えた温位分布はどのケースも同じとした。風速分布の初期条件は、地上から上端2000m まで対数分布を与えた。計算に用いた主な諸条件を表1に示す。



(a) Diurnal variation of air temperature for case1 ($U_g=2.0$ m/s N)

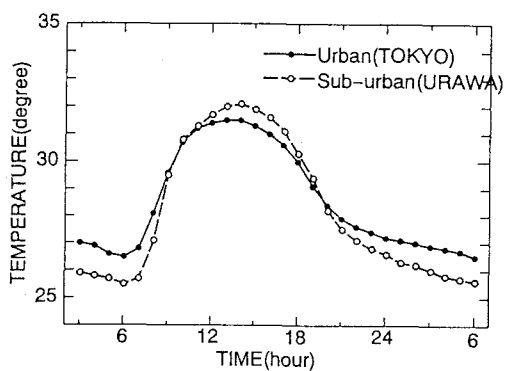


(b) Diurnal variation of air temperature for case2 ($U_g=1.0$ m/s N)

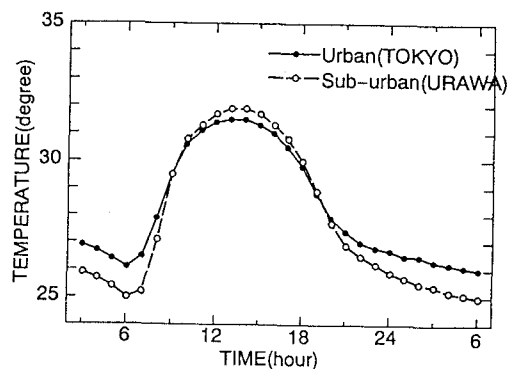


(c) Diurnal variation of air temperature for case3 ($U_g=4.0$ m/s S)

図-2 気温の日変化(計算値)

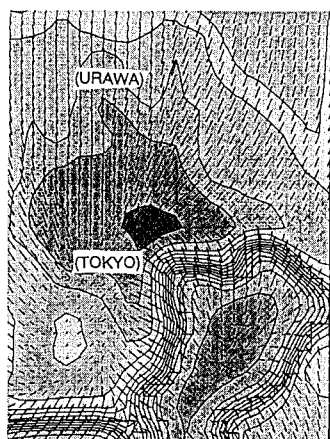


(d) Diurnal variation of air temperature for case4 ($U_g=7.0\text{m/s S}$)

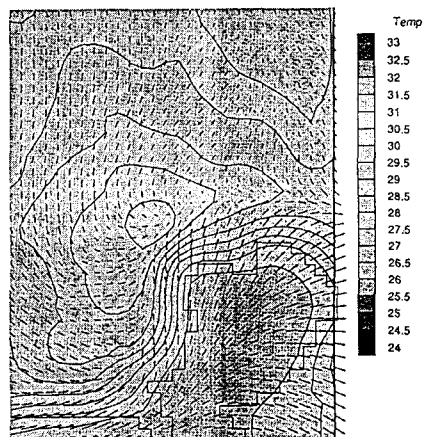


(e) Diurnal variation of air temperature for case5 ($U_g=10.0\text{m/s S}$)

図-2 気温の日変化(計算値)つづき



(a) 午後3時

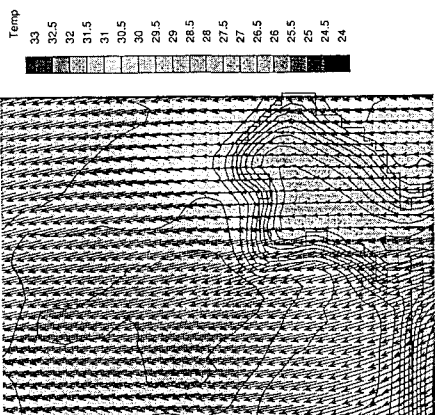


(b) 午後9時

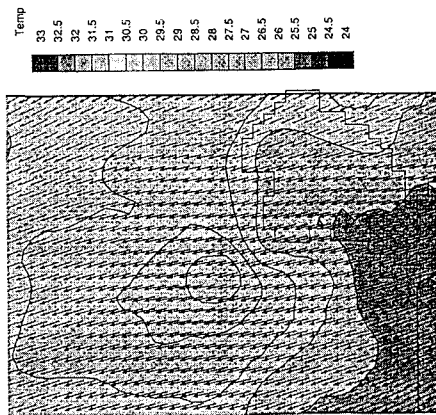
図-3 気温・風速分布図(計算値) case 1

4. 結果

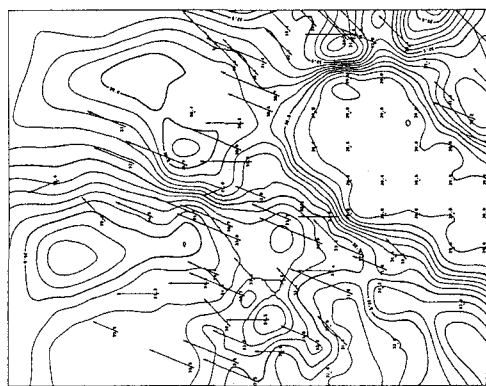
まず、case 1 の 2 m/s の北風が卓越している場合の地上 7 m の温度変化図を図 2 (a) に示す。気温は昼夜共に都心部の方が高く、これは土地利用や人工排熱の分布とほぼ一致した形が得られた。特に昼間は、沿岸部で海風が生ずるが、この地衡風のケースでは、この海風が都心部を冷却する効果は小さかった。(図 3 (a, b))。特に、夜間での都心と近郊の温度差は大きく、明け方に $2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ まで達していることがわかる。これは、風速が弱い上に、夜間の安定層の形成により、人工排熱の差異による影響が顕著に生じた結果であるといえる。これは観測値で得られたパターン A での分布に相当する。次に、case 2 の 1 m/s



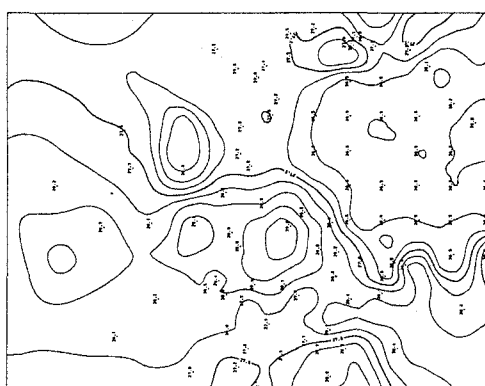
(a) 午後3時



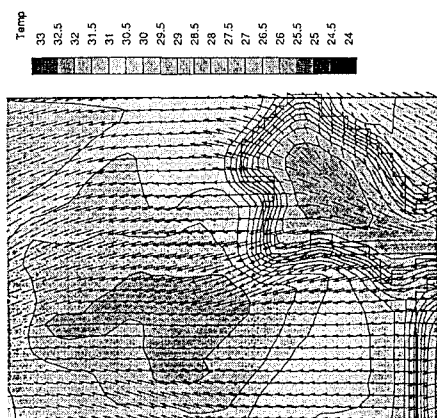
(b) 午後9時



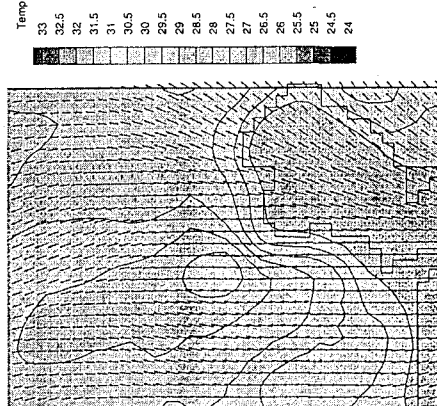
(a) 午後3時



(b) 午後9時



(a) 午後3時



(b) 午後9時

図-4 気温・風速分布図(計算値) case 3 図-5 気温・風速分布図(観測値) case 3 図-6 気温・風速分布図(計算値) case 5

の弱い北風が卓越している場合の温度変化図を図2(b)に示す。この時では、日中都心の温度は下がり、近郊のそれと等しくなる。これは、昼間に生じた東京湾からの海風が都心部上空にまで及び、これによる都心部の冷却を再現している。夜間も都心と近郊の温度差は小さくなる。次に、case3の4 m/sの南風が卓越している場合ではさらにこの傾向は強められる(図4(a, b)、さらに図5(a, b)に観測値を載せた)。この時では、東京湾の真北と北西部で高温部と低温部が分断される。この時の温度変化図を図2(c)に示す。これより、都心部では風上にある東京湾上の冷氣塊の影響を早くから受けるために、日中の温度は明らかに近郊の方が高くなる。このように、日中南風が吹くことによって温度の逆転が生ずるケースは観測のパターンBでの分布に相当する。さらにcase4、case5と南風を強めていくと、混合が激しくなり、全体として温度場は一様に向かう傾向に見られる(図6(a, b))。温度変化図でみると、いずれも昼間の気温の逆転は生じているもののその差は小さくなり、特に夜間では、北風の場合と比べると1.5℃もその差が縮まり、この傾向がかなり顕著に生じていることがわかる(図2(d, e))。これは、まず第一に相模湾、及び東京湾からの空気塊の移流効果に加え、風速が強くなることによって地面との摩擦が大きく生ずることから、人工排熱が強い乱れによって拡散される効果が生じたためと思われる。その影響は、粗度の大きい都心部で顕著に現れていることから裏づけられる。このような温度特性は、観測のパターンCに相当している。

5. まとめ

夏季における首都圏の風系を幾つかのタイプに分けて、地衡風の風の向き、及び強さの違いによる気温度場の形成の変化について考察を行った。

昼間の特徴としては、都心部は東京湾上の冷たい空気塊との混合によって気温は下がり、ヒートアイランドは都市化が進む東京北西部で現れる。この傾向は風向に依存する。次に夜間では、ヒートアイランドはどのタイプも人工排熱の最も多い都心部で生ずる。ただし、ヒートアイランドの強さは風向及び風速の強さに大きく依存しており、都心と近郊の粗度の違いが乱れの強さに反映され、風が強くなるほど地表からより多く熱を奪うだけでなく、人工排熱も拡散される。この結果は単純化した仮定に基づくもので、実際の住宅地、都市域における地上と大気間の熱交換の実態は十分明らかではないが、本モデルにおいて風速と温度場の関係は観測値と同じ傾向を示していると言える。以上、総観場の風の影響の度合いによって、ヒートアイランドの形成の変化について評価することができた。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 藤野毅・黒川潮・浅枝隆・和氣亜紀夫：大都市が周辺の郊外地域に与える熱の移流特性，水工学論文集，第38巻，pp.591～596，1994.
- 3) 藤部文昭・浅井富雄：関東地方における局地風に関する研究，天気，Vol.26, No.11, pp697-701, 1979.
- 4) 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, pp759-767, 1993.
- 5) F.kimura and S.Takahashi: The Effects of Land-Use and anthropogenic heating on the surface temterature in the tokyo metroplitan area, Vol.25B, No.2, pp155-164, 1991.
- 6) T.Yamada: A numerical Model Study of Turblent Airfrow In and Above a Forest Canopy, J. Meteo. Society of Japan, 60, pp439-454, 1981.