

東京における夏季と冬季の気温日変化の地域特性 —2002～2004年度、2007～2008年度の観測結果から—

赤坂 郁美* 安藤 晴夫 横山 仁

(*非常勤研究員)

要 旨

東京における夏季と冬季の気温日変化パターンの地域特性を調査した。気温の日変化における地域的な差異を明らかにするために、2002年7月から2005年2月まで観測された時空間的に高密度な気温データ(METROS100)と2007年と2008年夏季に観測されたデータを使用した。気温の日変化パターンを分類するために、領域平均した気温日変化からの気温偏差を地点ごとに算出し、このデータに対してクラスター分析を行った。結果として、都心部を中心とした地域では1年を通じて夜間の気温が相対的に高いまま持続していることが明らかとなった。これは、この地域で日最低気温が一年を通じて相対的に高いことを意味している。また、そのような特徴を示す地域は、夏季には都心部を中心に認められたが、冬季にはその中心がやや南東方向へ移動し、東京湾岸を中心とした地域に広がっていた。よって、気温の日変化パターンの地域特性は季節によって異なるといえる。また気温の日変化パターンの地域特性は海陸風や季節風のような気候要素だけでなく、各地域の地表面被覆等の都市化に伴う要素とも関連すると考えられる。

キーワード：気温日変化、地域特性、夏季、冬季、クラスター分析

Regional characteristics on diurnal change of temperature in summer and winter in Tokyo —Observation results of temperature for the period 2002-2005 and 2007-2008—

AKASAKA Ikumi*, ANDO Haruo, YOKOYAMA Hitoshi

* Associate Researcher

Summary

In this study, regional characteristics on diurnal changes of temperature in Tokyo in summer and winter were investigated by using hourly temperature data that measured through the high density observation system for the period 2002-2005 and 2007-2008. To clarify regional differences in the diurnal change patterns of temperature, the cluster analysis was applied to spatial anomalies of temperature from the domain-averaged temperature. The results show that warmer temperature continued during nighttime in the center of the city throughout the year. Additionally, the area where warmer temperature was maintained during nighttime moved southeastward and expanded around the coastal region in winter. It was suggested that regional characteristics on diurnal change of temperature have seasonality and might be related to both urbanization such as changes in the ground coverage and the climate factors such as land-sea breeze.

Key Words: diurnal change of temperature, regional characteristics, summer, winter, cluster analysis

1 はじめに

東京では都市化に伴うヒートアイランド現象の顕在化により、都市における熱環境の変化に大きな関心が集まっている。これを受けて東京都では気象観測や数値シミュレーションによりヒートアイランド現象の実態調査を行い、熱環境緩和策を実施してきた¹⁾。2005年には、23区におけるヒートアイランド現象の発生要因とされる人工排熱や地表面被覆の状況等が大気に与える熱負荷を示した「熱環境マップ」を作成することにより、「ヒートアイランド対策推進エリア」を設定し、このエリアで重点的に保水性舗装や校庭芝生化等を実施している²⁾。

このようにヒートアイランド対策を進める上で重要な観点の一つが、気温の日変化とその地域特性である。これは「熱環境マップ」とも密接に関連することが推察され、今後のヒートアイランド対策やそのモニタリングの実施において、気温の日変化パターンの時空間変動を詳細に調査することは重要であるといえる。

ヒートアイランド現象は、都市化による土地被覆及び粗度、天空率の変化や人間活動による人工排熱の影響等により形成されることが知られている。これらの都市化に関わる要素や、海陸風、季節風等の気候要素の日変化及びその地域特性により、気温の日変化パターンは都市内部でも異なることが予想される。しかしながら、気温日変化パターンの地域性とその季節性を示した研究は少ない。鈴木ほか(2001)は主成分分析とクラスター分析を用いて、1992年夏季の東京における気温日変化パターンの地域的特徴を示したが³⁾、調査対象は猛暑となった1992年の真夏の晴天日である7月28日～7月31日の4日間であり、夏季の平均的な気温日変化パターンと地域特性は示されていない。また冬季に関する調査はなされていない。そこで、時空間的に高密度で観測された気温データを用いて、東京における夏季と冬季の気温日変化パターンの地域特性及びその季節性を明らかにすることを本研究の目的とする。

2 使用データ

2002年7月～2005年2月と2007年7月～2009年2月までの地上気温観測データを使用し、夏季(7月20日～9月30日)と冬季(12月1日～翌2月28日)を

対象とした。

2002年7月～2005年2月まではMETROS (Metropolitan Environmental Temperature and Rainfall Observation System)による観測が行われていたため、METROS100の気温データを使用した。この観測システムの詳細については既に多くの報告がなされているのでここでは詳述しない⁴⁾⁵⁾⁶⁾。これに加えて、METROS100の後継として、引き続き小学校の百葉箱内でMETROS100と同様の温湿度ロガーにより2007年7月～2009年2月に観測された気温データを使用する。観測時間間隔はMETROS100と同様に10分間隔である。ただし、小学校の統廃合などの理由により、観測地点はMETROS100と必ずしも同じではなく、この期間中に地点数の増減もある。観測地点数は港区、中央区、新宿区、品川区西部で特に多く、かつ偏在しているため、METROS100の観測地点と同じ、もしくは近接した地点のみを使用した。また2007～2008年夏季には東京における夏季のヒートアイランド現象をより広域的に捉えるために、観測地点数を増やし、観測対象範囲を多摩地区(西部を除く)まで広げている(図1)。

3 解析方法

気温の日変化を解析するために、気温データは1時間値に編集し、領域平均の気温日変化パターンを算出するために、全地点の特別値を夏季と冬季について平均した。次に、気温の日変化パターンを分類するために、領域平均した気温日変化からの気温偏差(空間偏差)を各地点に関して求め、これらのデータに対して季節ごとにクラスター分析を行った。都区部で観測が集中的に行われ観測地点の移動がほとんどなかった2002～2004年度平均の気温偏差データと、多摩地区まで観測範囲を広げた2007～2008年度平均の気温偏差データとに分けて、クラスター分析を行った。クラスター分析には、ユークリッド距離とウォード法を使用し、クラスター間の結合は、結合距離が不連続になる段階でストップした。

4 結果と考察

4.1 全地点平均の気温日変化

2002～2004年夏季における全地点平均の気温日変化

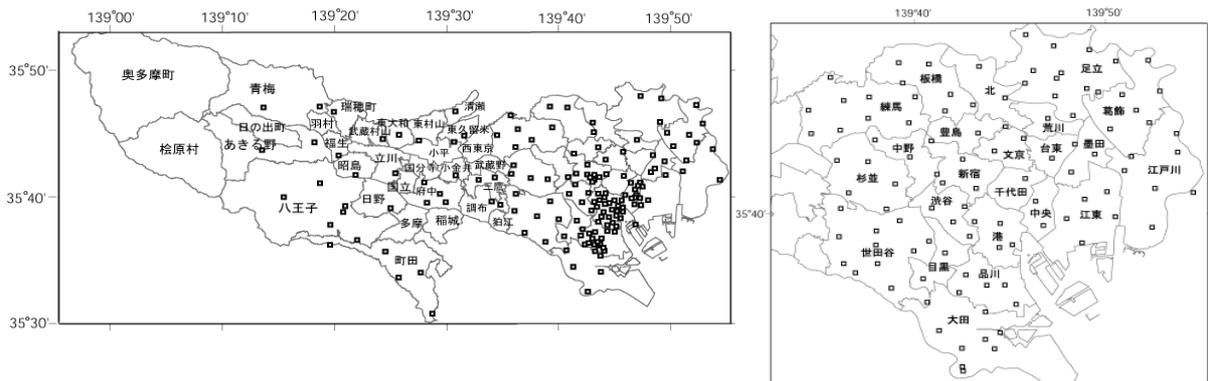


図1 地点分布（左図は2007～2008年度の観測地点、右図は2002～2004年度の観測地点）

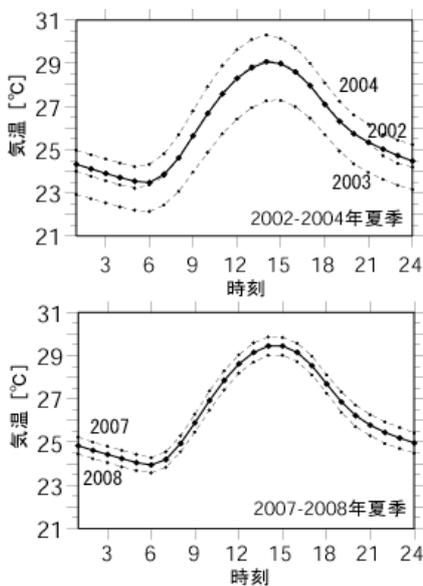


図2 2002～2004年（上）と2007～2008年（下）の夏季における気温日変化（太線は平均値を意味する。）

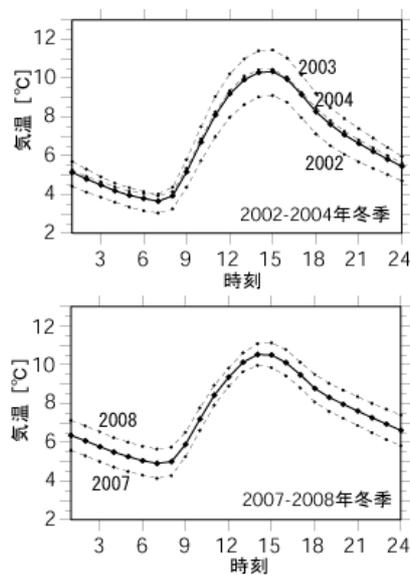


図3 図2と同様。ただし冬季における気温日変化

には2003年の冷夏、2004年の猛暑の影響により、年々変動の幅が2～3℃ある（図2上）。2002～2004年冬季では日最高気温の年々変動が2℃ほどあることが分かる（図3上）。夏季の日最高気温は14～15時頃、日最低気温は6時頃に現れ、日較差は5～6℃程度である。冬季の日最高気温は14～15時頃、日最低気温は7時頃に現れ、日較差は6～7℃程度である。

2007～2008年夏季の全地点平均の気温日変化は、2002～2004年夏季の全地点平均の気温日変化と同様の特徴を示す（図2下）。一方、2007～2008年平均の冬季における気温の日変化では、2002～2004年冬季と比較して夜間の気温がやや下がりにくい傾向にあるが（図3下）、これは地点分布の偏りと地点数の違いによるも

のと思われる。このため、2002～2004年冬季と2007～2008年冬季の気温日変化との単純な比較は難しく、2007～2008年に関しては夏季の結果のみを示すこととする。

4. 2 気温日変化パターンの地域特性

(1) 夏季

クラスター分析により、2002～2004年平均の夏季における気温日変化パターンを6つのグループに分類することが出来た（図4）。

クラスターごとに平均した気温偏差時系列をみると、一日中、相対的に気温が高い地域（クラスターS1）が千代田区を中心として、新宿区、渋谷区、港区、中央

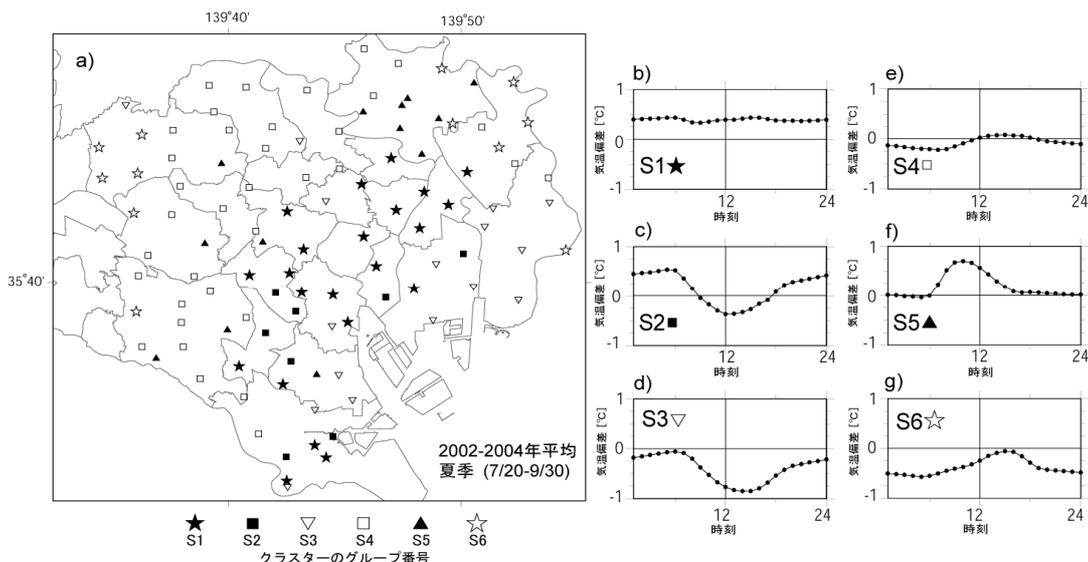


図4 夏季における気温日変化パターンの地域分類 (2002~2004年平均)

(a) は各地点の分布と各地点が属するクラスターがシンボルで示されており、b)-g) は各クラスターで平均された気温の空間偏差時系列を示す。グラフ内のシンボルが a) の分布図のシンボルと対応する。

区、台東区、墨田区付近に集中して分布していることが分かる (図 4 a、4 b)。

その南縁に夜間に相対的な高温状態が持続し、日中は気温が相対的にやや低くなる地域 (クラスターS2) が分布している (図 4 c)。この特徴を示す地点は渋谷区南部、目黒区北部、品川区西部周辺にみられる。また大田区中央部にもクラスターS1 とクラスターS2 が分布しており、この地域では夜間の気温が相対的に高いことがわかる。

クラスターS3に分類された地点は品川区東部、江東区、江戸川区に多く分布している。これらの地域では日中の気温が低く、日最高気温が現れる時間帯に気温の負偏差がピークを迎える (図 4 d)。

都心エリアの北側を囲むように気温の空間偏差がほぼ0となる地域が広がっており、全地点平均の気温日変化とほぼ同様のパターンを示す地域 (クラスターS4) であるといえる (図 4 e)。

足立区南部には午前中に他の地域よりも早く気温が上昇し始める地点 (クラスターS5) が集中して分布している (図 4 f)。

練馬区西部と葛飾区東部では一日中、相対的に気温が低く、特に夜間にその特徴が顕著にみられる地点 (クラスターS6) が分布している (図 4 g)。この地域では日最低気温が相対的に低くなるため、気温日較差は大きくなる。

各クラスターに分類された地点の特徴を図 5 にまとめた。都心部にみられた一日中、相対的な高温状態が持続する地点 (クラスターS1) では夏季平均日最高気温、日最低気温共に高く、これらの地点では真夏日や熱帯夜の日数も多くなることが推察される。東京湾岸域 (クラスターS2、クラスターS3) では海風が卓越

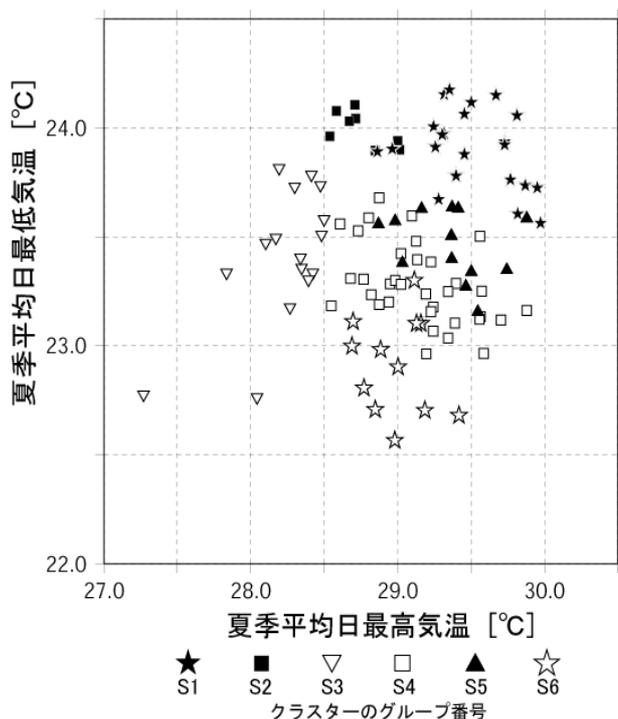


図5 観測地点における夏季平均の日最高気温と日最低気温の関係 (シンボルは図4と対応する。)

するため⁵⁾海風の冷却効果によって、日最高気温が相対的に低く抑えられているのがわかる。東京湾岸域に近い地点でもクラスターS2に分類された地点では、日最高気温はやや低く抑えられるものの、日最低気温はクラスターS1と同様に高い。クラスターS6に分類された地点が多く分布する練馬区西部、葛飾区東部では

特に日最低気温が低いといえる。

次に、多摩地域まで観測範囲を拡大した2007~2008年夏季における気温日変化の地域特性を図6に示す。

一日中、気温が高温状態のまま持続する地点（クラスターI、クラスターII）は大田区北部から、品川区西部、港区、中央区、新宿区、墨田区周辺に分布してい

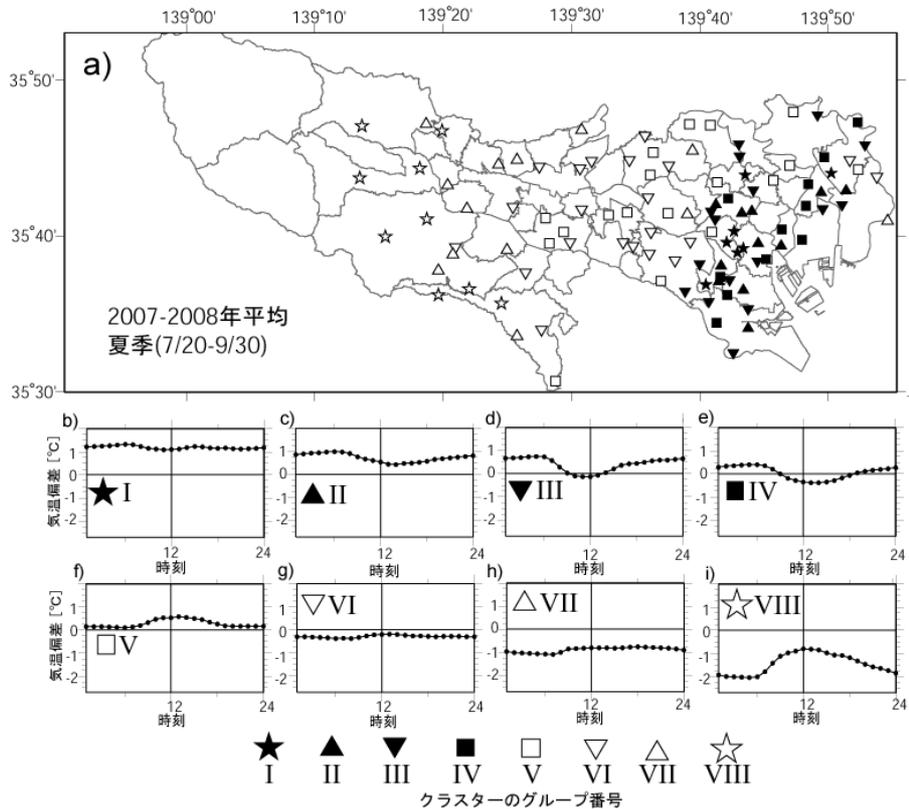


図6 夏季における気温日変化パターンの地域分類（2007~2008年平均）

（地点のシンボルがクラスターの違いを意味し、b)-i)はクラスターごとに平均された気温の偏差時系列を示し、グラフ内のシンボルはa)のシンボルと対応する。）

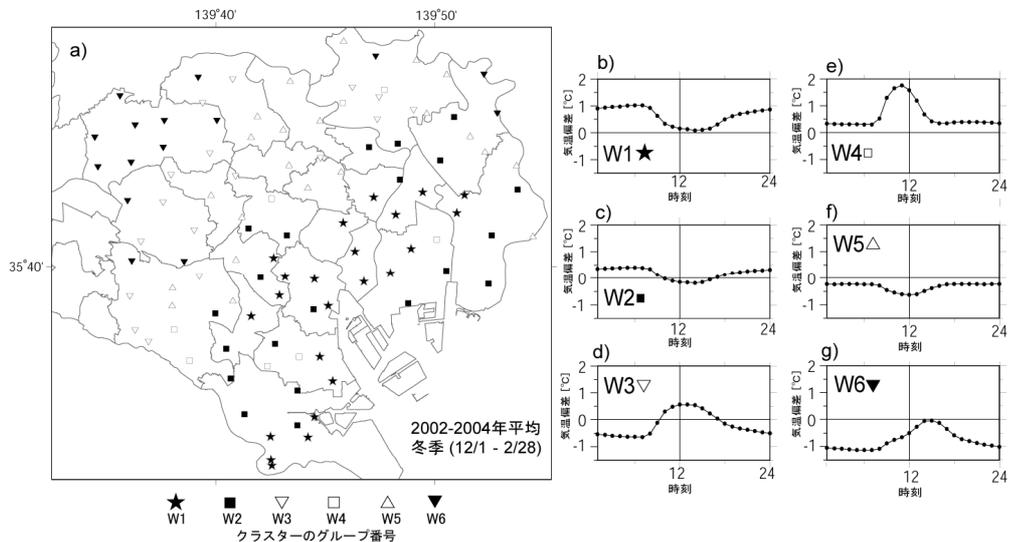


図7 図4と同様。ただし、冬季における気温日変化パターンの地域分類（2002~2004年平均）

る（図 6 a-6 c）。

渋谷区周辺には夜間に気温が相対的に高温状態のまま持続する地点（クラスターIII）がみられる（図 6 d）。

沿岸域周辺の地点と都心を囲むように分布する地点（クラスターIV）では日中、気温の負偏差が示されているものの、その値は小さい（図 6 e）。2007～2008 年には沿岸域に観測地点がほとんどなかったため、2002～2004 年平均の夏季にみられたような日中、海風の冷却効果によって日最高気温が顕著に低く抑えられるような地域はみられない。

都心部の西部から多摩地区東部にかけては、夜間に気温が相対的に低く持続する地点（クラスターVI、クラスターVII）が多く認められる一方で（図 6 g、6 h）、北区北部や足立区周辺、府中市や三鷹市では日中の気温が相対的にやや高くなる地点（クラスターV）もみられる（図 6 f）。

多摩地区西部にいくほど、一日中、気温は負偏差を示すようになり、その値も大きくなる。あきる野市、八王子市付近（クラスターVIII）では夜間に特に低温となり朝方まで持続する（図 6 i）。よって、沿岸域周辺（クラスターI、クラスターII）と八王子市周辺（クラスターVIII）との気温差は夜間に最も大きくなり、日野市周辺（クラスターVII）と沿岸域周辺（クラスターI、クラスターII）との気温差は一日を通じて同程度になることが分かった。

（2）冬季

クラスター分析の結果、冬季における気温の日変化パターンは 6 グループに分類された（図 7）。

大田区から港区、中央区を通過して、江東区付近に至るまで、夜間に気温が相対的に高温状態で持続する地域（クラスターW1、クラスターW2）が広がっている（図 7 a-7 c）。この特徴を示す地点は東京湾を囲うように広く広がっている。この地域では日最低気温が相対的に高くなるため、気温の日較差は小さくなる。そしてクラスターW2 の地域を囲うように日中、気温がやや低くなる地点（クラスターW5）が分布している（図 7 f）。

世田谷区西部から杉並区周辺と、足立区南部付近には夜間の気温が相対的に低くいまま持続し、日中は反対に気温がやや高くなる地域（クラスターW3）がみら

れる（図 7 d）。

練馬区付近と葛飾区東部には、特に夜間の気温が相対的に低くなる地点（クラスターW6）が分布している（図 7 g）。

日中に気温が相対的に高くなる地点（クラスターW4）は散在して分布しており、気温日変化にみられる局地的な影響を示している可能性がある（図 7 e）。

5 まとめ

夏季と冬季の気温日変化パターンの地域特性に関する解析を行った。この結果、2002～2004 年平均の夏季及び冬季、2007～2008 年平均の夏季それぞれにおいて、気温の日変化パターンが分類され、夏季と冬季では気温の日変化パターンの地域特性が異なることが明らかとなった。

夏季には、東京湾岸域では相対的に気温が低く、特に海風の冷却効果により日中の最高気温が低く抑えられていると考えられる。湾岸域からやや離れた都心エリアでは、日中は海風による冷却効果を受けるものの夜間の気温は高温状態で持続する地点と、一日中気温が相対的に高温状態で持続する地点が分布していた。都市化による土地被覆の変化や都市の形状及び風系との関係が、これらの気温日変化パターンに影響している可能性がある。また 2007～2008 年の気温観測データから、多摩地区西部と東京湾岸域周辺との気温差は八王子市周辺では夜間から早朝にかけて最も大きく、日野市周辺では一日中同程度であることが分かった。2007～2008 年に観測範囲を多摩地区まで広げたことにより、多摩地区と都心との気温差の日変化を示すことが出来た。

冬季には、夜間に気温が高温状態で持続する地点が夏季よりも東京湾岸域に向かって広く分布しており、一日中、相対的な高温状態が持続する地域はみられなかった。

これまでの観測において時空間的に高密度な気温データが蓄積されていたため、気温の日変化パターンの地域分類を行うことが出来た。その結果、気温の日変化パターンの地域特性が明瞭に示され、季節性もあることが明らかとなった。これらの地域特性は海陸風や季節風などの気候要素だけでなく、都市化に伴う土地被覆の変化等にも関連していることが推察される。今

後はさらに各地域における気温日変化パターンと土地被覆等との関連を調査することにより、今後の東京における熱環境緩和策に有用な情報を得ることが出来ると考える。

謝辞

気温観測にあたり百葉箱を利用させていただいた小学校に心より御礼申し上げます。また解析手法に関して有益なアドバイスをくださった日本大学文理学部森島済教授に深く感謝いたします。

引用文献

- 1) 東京都：ヒートアイランド対策取組方針～環境都市東京の実現に向けて～，P. 43 (2003)。
- 2) 東京都：熱環境マップとヒートアイランド対策推進エリア，
<http://www.metro.tokyo.jp/INET/OSHIRASE/2005/04/20f4b100.htm> (2005)。
- 3) 鈴木知道ら：真夏の東京の気温日変化パターンの抽出－統計手法によるヒートアイランド現象の把握－，天気48，pp. 383-391 (2001)。
- 4) 安藤晴夫ら：2002年夏期における都区部の気温分布の特徴について，2003年東京都環境科学研究所年報，pp. 81-87 (2003)。
- 5) 三上岳彦ら：東京都区内における夏期ヒートアイランドの時空間変動，2004年東京都環境科学研究所年報，pp. 11-17 (2004)。
- 6) 横山仁ら：夏期における東京都区部のヒートアイランドの実態について－2002年～2004年におけるMETROSの結果－，2005年東京都環境科学研究所年報，pp. 3-9 (2005)。