

東京の季節別・天候別の気温日変化パターン

鈴木 知道*・飯塚 悦功**

要 旨

東京都で発生しているヒートアイランド現象に対し、統計解析的アプローチをとることによって、1日の気温変化の特徴を表す気温日変化パターンが、季節および天候に対応してどのように特徴づけられるのかを明らかにした。東京都各所100地点において観測された1時間間隔のデータ1日分に対し、主成分分析を適用して、当該日の気温日変化パターンを抽出するという解析を、季節と天候の組合せに対し複数日を対象として行った。

得られた主成分の解釈と観測地点の主成分得点の地理的分布を吟味した結果、解析対象日を、1) 真夏の晴天日、2) 真夏以外の晴天日、3) 曇天日・雨天日の3つのグループに分類できた。各グループの特徴づけを行い、気温日変化という着眼点から、東京で起こっているヒートアイランド現象の現れ方が、季節や天候によって異なることが分かった。

1. はじめに

近年、都市機能や人口の集中によるエネルギー消費の増大に伴い、都市部の環境の変化が問題になっている。その中でも人工熱などの影響によって熱環境に変化が現れるというヒートアイランド現象が注目されている。ヒートアイランド現象の問題点の一つとして、気温上昇による電力消費の増加が挙げられる。特に夏場においては、冷房による電力消費が増加し、それがさらなる気温上昇を招くという悪循環が生じると言われている。

ヒートアイランド現象の解明および対策案に関して、実際に観測されたデータに基づく統計的なアプローチによる研究が数多くなされてきている。対象地域としては、日本国内においては、例えば、東京(三上ほか 2004)、大阪(梶元ほか 2006)、白馬(榊原・森田 2002)、つくば(日下ほか 2009)など、多くの都市を対象に研究が報告されている。海外において

も、ソウル(菅原ほか 2005)、サンフランシスコ(Beaver and Palazoglu 2006)をはじめとして研究が進められている。対象時期としては、例えば横山ほか(2005)のように夏期の晴天日を対象としている研究が多いが、春季(藤部 1993)や冬季(日下ほか 2009)を対象として含むもの、そして晴天日以外を対象として含むもの(例えば Kim and Baik 2005)も報告されている。

気温日変化に着目した解析には、藤部(1993)、榊原・森田(2002)、鈴木ほか(2001)などがある。鈴木ほか(2001)は、伊藤ほか(1994)によって報告された東京都環境科学研究所のデータを用いて、真夏の晴天日について東京の気温日変化パターンの抽出を行い、さらにそれらの特徴による地域のグルーピングを行った。

本研究は、気温日変化パターンに着目し、東京の1日での気温の変化の仕方およびその特徴が、季節および天候によってどのように変化するのかを明らかにすることを目的とする。さらに、気温日変化パターンの地理的分布も考慮して、東京で起こっているヒートアイランド現象に関しての考察を行う。

第2章で、解析対象データの説明と、解析方針に関

* 東京理科大学工学部経営工学科。

** 東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻。
—2001年11月12日受領—
—2009年4月24日受理—

しての説明を行う。第3章で、解析結果について述べる。第4章で考察を行い、第5章で結論を述べる。

2. 解析対象データおよび解析方針

2.1 解析対象データ

本研究では、東京都環境科学研究所が1992年7月から1993年7月にかけて行った、山岳部を除く東京都内100カ所の気温観測データ（伊藤ほか 1994）を用いる。観測地点は、都心部では2.5 km 四方あたり1カ所、郊外では5 km 四方あたり1カ所の割合で選ばれている。測定期間は約1年であり、気温は15分おきに記録されている。鈴木ほか（2001）ではこのうち、真夏の晴天日の4日間のデータを解析対象としていた。

本研究では気温日変化パターンを対象としており、気温の日内での動きを把握するのに十分と考えられる1時間おきのデータを用いた。気温日変化パターンの季節や天候による特徴を明確にすることが目的であるので、季節と天候の組合せに対し、複数の日を対象とした。季節に関しては、春夏秋冬の4季節をとりあげた。天候としては晴天日、曇天日、雨天日をそれぞれとりあげることとした。

2.2 解析方針

第一に季節、天候を考えられる組み合わせすべて、4季節×3天候=12通りについて該当する日を選択する。対象とした日に対し、測定された時刻ごとの気温24変数に対し解析を行う。このような多変量データの要約には、伊藤ほか（1994）、朴ほか（1994）、日下ほか（1998）、安藤ほか（2003）、Kim and Baik（2005）などにも見られるように、主成分分析が適している。測定地点の数は100であるので、1日ごとのデータを24変数×100サンプルとして捉えることになる。鈴木ほか（2001）の結果から、各日ごとに解析を行っても十分解釈できる結果が得られると考えられる。

解析対象日の選定は以下の基準で行った。季節については、春夏秋冬に対して1993年5月、1992年8月、1992年11月、1993年2月を選択した。天候については、同一期間のAMeDASデータを用いた。AMeDAS観測地点のうち、今回の対象地域に含まれる観測地点（青梅、八王子、府中、練馬、東京、新木場）の日照時間と降水量をデータとして抽出した。晴天日に関しては、降水量が全ての地点でゼロであり、かつ日照時間が可照時間の50%以上である日とした。曇天日に関しては、日照時間が可照時間の1%未満であり、かつ日降水量の6地点の平均が5 mm 未満であ

る日とした。雨天日に関しては、日照時間が可照時間の1%未満であり、かつ日降水量が5 mm 以上の日とした。

以上の条件を満たすものの中から比較的天気安定していると判断できる日を取り上げた。具体的には、各日に対しては、日照時間および降水量の日内の地点間、時刻間のばらつきが小さいものを選んだ。また、前の天気の影響をできるだけ抑えるために、同じような天気が続く時は後ろの日を優先した。以上の理由は、気温日変化パターンを的確に捉えるためである。天気の変化が激しい日を選択すると、1日の気温データの変動には天気の変化が含まれてしまい、また、地域や時刻による気温変化においても、前線の通過や雷雲等の短期的、局所的な気象現象の影響で、本来検討対象としたい気温日変化パターンが隠れてしまうからである。

このようにして解析対象日を選定した結果、各季節に対し、晴天日を3日間そして曇天日・雨天日を2日間の計5日間、全体で20日間を解析対象として取り上げた。ここで曇天日と雨天日を区別しなかったのは、1日中曇天あるいは雨天と判断できる日数が少なく、また、何日かをとりあげて予備的に解析した結果、曇天日と雨天日の結果にほとんど差がなかったからである。

これら解析対象としてとりあげたすべての日に対し、主成分分析を適用し、得られた主成分を解釈して気温日変化パターンとして抽出する。

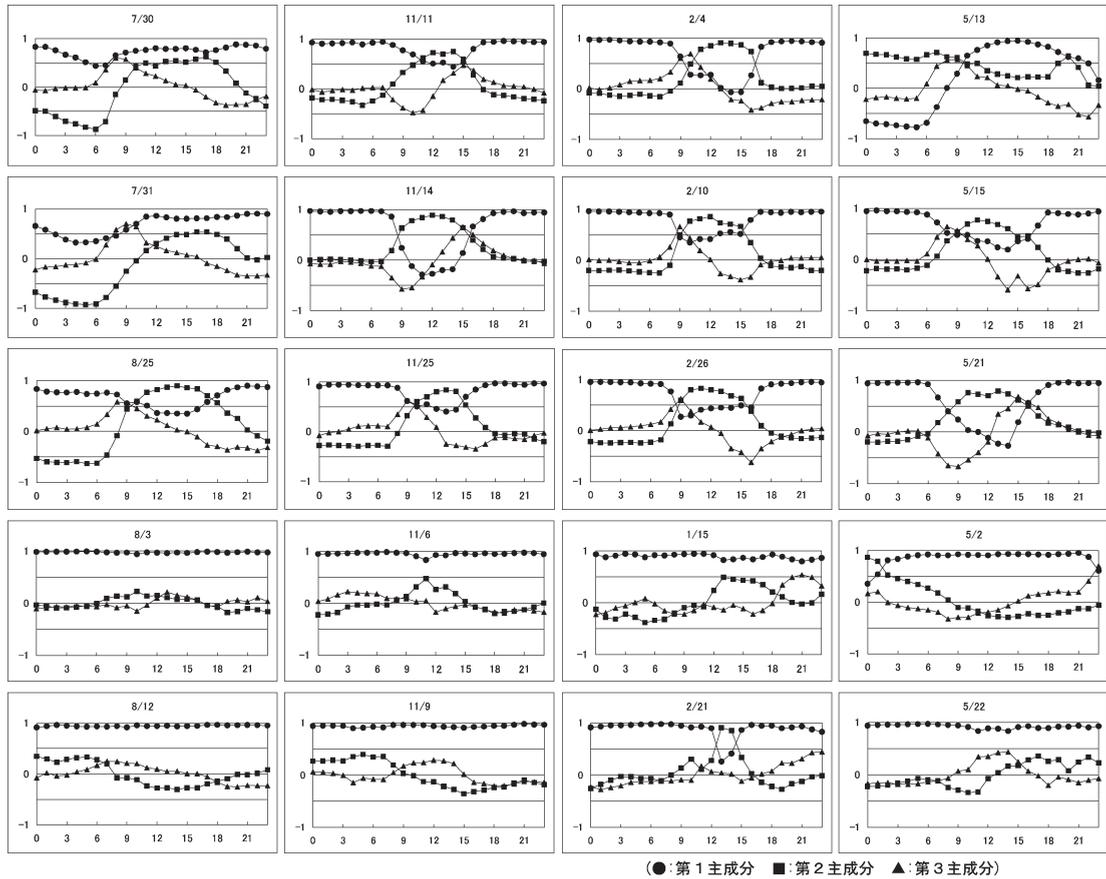
3. 解析結果

解析対象としてとりあげたすべての日に対し、主成分分析を適用した。全20日間に対する因子負荷量のグラフを第1図にまとめた。第1図においては、各列が季節（左から夏、秋、冬、春）に対応している。各列において、上部の3行が晴天日であり、下部の2行が曇天日・雨天日である。図中の打点●、■、▲はそれぞれ第1主成分、第2主成分、第3主成分を表している。全20日間に対する主成分の累積寄与率を第1表にまとめた。これらの解析結果を季節別、天候別に解釈し特徴付けを行う。

3.1 夏

3.1.1 夏の晴天日の場合

夏の晴天日の代表として7月30日、7月31日、8月25日の3日を選んだ。主成分の累積寄与率については、上記のどの日についても第1主成分で50%程度で



第1図 全解析対象日の因子負荷量のグラフ。

第1表 解析対象日別の主成分分析の累積寄与率。

累積寄与率		夏	秋	冬	春
晴天日	月日	7月30日	11月11日	2月4日	5月13日
	第1主成分	0.554	0.711	0.606	0.499
	第2主成分	0.834	0.852	0.800	0.745
	第3主成分	0.909	0.903	0.887	0.846
	月日	7月31日	11月14日	2月10日	5月15日
	第1主成分	0.500	0.627	0.678	0.555
	第2主成分	0.824	0.817	0.859	0.715
	第3主成分	0.916	0.900	0.908	0.813
	月日	8月25日	11月25日	2月26日	5月21日
	第1主成分	0.477	0.703	0.621	0.551
	第2主成分	0.835	0.871	0.807	0.727
	第3主成分	0.915	0.931	0.877	0.851
曇天日・雨天日	月日	8月3日	11月6日	1月15日	5月2日
	第1主成分	0.955	0.910	0.797	0.761
	第2主成分	0.968	0.944	0.873	0.882
	第3主成分	0.976	0.962	0.930	0.940
	月日	8月12日	11月9日	2月21日	5月22日
	第1主成分	0.893	0.883	0.802	0.855
	第2主成分	0.944	0.947	0.893	0.906
	第3主成分	0.969	0.972	0.933	0.947

あり、第2主成分までで80%を超え、第3主成分までで90%を超えた。したがって、第1主成分から第3主成分まででほぼ100地点の気温変動が説明できることがわかる。

次に各主成分の解釈を行う。夏の晴天日については、鈴木ほか(2001)と同様に、第1主成分は全ての因子負荷量が正であること、第2主成分については、因子負荷量のピークが日の出直前と12時過ぎであり、その符号が異なること、第3主成分については、9時ごろの鋭いピークおよび日没後の20時前後の緩やかなピークがあることから、

第1主成分…平均気温

第2主成分…気温の日較差

第3主成分…気温変化の緩急

を表していると解釈できる。しかしながら、8月25日の因子負荷量については、他の2日間と

はやや異なった挙動を示している。具体的には、後述する秋の晴天日の特徴が現れている。これから、この時期のヒートアイランド現象は真夏のものとは違った現れ方をしていることがわかる。

3.1.2 夏の曇天日・雨天日の場合

夏の晴天日の場合と同様に夏の曇天日・雨天日の代表として8月3日、8月12日を選んだ。いずれの日も第1主成分の寄与率で約90%以上となり、第1主成分のみでほぼ100地点の気温変動が説明できることがわかる。

また、この主成分に関しては因子負荷量が1日を通じてほぼ1で一定であり、24時間の各地点での気温、つまり1日の平均気温によって100地点の気温変動の説明がつくことになる。言い換えれば、夏の曇天日・雨天日については1日を通じて東京都での気温の等温線はほぼ一定であるということが出来る。

3.2 秋

3.2.1 秋の晴天日の場合

秋の晴天日の代表として11月11日、11月14日、11月25日を選んだ。いずれの日についても、主成分の累積寄与率は第1主成分で60%~70%程度、第2主成分までで80%台、第3主成分までで90%を超えており、気温日変化を十分説明できているといえる。

第1主成分は夜間の時間帯にほぼ1に近い値をとり続けている。第2主成分は12時から15時過ぎにほぼ1に近い値をとっている。また、第3主成分に関しては、9時ごろと15時ごろにピークをとっている。これから、

第1主成分…夜間気温

第2主成分…昼間気温

第3主成分…気温変化の緩急

を表していると解釈できる。

3.2.2 秋の曇天日・雨天日の場合

秋の曇天日・雨天日の代表としては11月6日と11月9日を選んだ。それぞれの日の第1主成分の寄与率は約90%となり、夏の曇天日・雨天日と同様に高い値をとっている。

この第1主成分は夏の場合と同様に、因子負荷量が1日を通じてほぼ1の値をとっており、1日の平均気温を表す主成分であると解釈できる。

3.3 冬

3.3.1 冬の晴天日の場合

冬の晴天日の代表としては、2月4日、2月10日、2月26日を選んだ。いずれの日についても、主成分の

累積寄与率は第1主成分で60%台、第2主成分までで80%を超え、第3主成分までで約90%となり十分である。

第1主成分は夜間の時間帯にほぼ1に近い値をとり続けている。第2主成分は12時前後にほぼ1に近い値をとっている。また、第3主成分に関しては、9時ごろと15時ごろにピークをとっている。これから、

第1主成分…夜間気温

第2主成分…昼間気温

第3主成分…気温変化の緩急

を示していると解釈できる。

3.3.2 冬の曇天日・雨天日の場合

冬の曇天日・雨天日について、1月15日と2月21日を選んだ。第1主成分の寄与率は夏や秋の曇天日・雨天日と比較するとやや小さいものの、それぞれ約80%と高い。因子負荷量は、1日を通じて1に近い値をとっており、第1主成分が1日の平均気温を表すと解釈できる。

3.4 春

3.4.1 春の晴天日の場合

春の晴天日の代表としては5月13日、5月15日、5月21日を選んだ。それぞれの主成分の累積寄与率は第1主成分で約50%、第2主成分までで70%を超え、第3主成分までで80%を超える。したがって第3主成分までで気温日変化の80%以上を説明できている。

しかしながら、主成分の解釈については、この3日が同じとはならなかった。5月15日と5月21日については概ね秋・冬の晴天日と傾向が似ており、第1主成分は夜間の時間帯にほぼ1に近い値をとり続けている。第2主成分は12時頃にほぼ1に近い値をとっている。また、第3主成分に関しては、8時ごろと15時ごろにピークをとっている。これから、

第1主成分…夜間気温

第2主成分…昼間気温

第3主成分…気温変化の緩急

を表していると考えられる。秋および冬の晴天日と比較すると、夜間安定な時間帯がやや短い、第3主成分の最初のピークの時刻がやや早くなっている。これから、日中の時間が長くなっている影響が気温変化パターンにも表れていることが分かる。

5月13日については様相が若干異なっていて、これは夏の気温変化パターンに近いものと考えられる。つまり、夏の場合とは主成分が入れ替わってはいるが、

第1主成分…気温の日較差

第2主成分……夜間気温

第3主成分……気温変化の緩急

と解釈することが可能である。実際、生データからは最高気温が30°Cを超える地点も数多く存在している。この時期は日射が強いため、真夏に近い気温変動をしていたのではないかと推測できる。

3.4.2 春の曇天日・雨天日の場合

春の曇天日・雨天日の代表としては5月2日と5月22日を選んだ。それぞれの第1主成分の寄与率は、約80%であった。この因子負荷量は、1日を通じて1に近い値をとっており、第1主成分が1日の平均気温を表すと解釈できる。

3.5 抽出された気温日変化パターンによる分類

以上4つの季節それぞれについて、晴天日、曇天日または雨天日、という2つの天候の場合の解釈を行った。これら合計8通りの場合について、因子負荷量や生データの吟味から、東京都100地点の1日の気温変化の特徴を表す気温変化パターンの出現が3通りに分類できると考えられる。それらを列挙する。

① 真夏の晴天日型

第1主成分の寄与率は比較的小さいが、第2主成分、第3主成分まで考えれば概ね東京都の気温変動の説明がつけられる。各主成分は

第1主成分……平均気温

第2主成分……気温の日較差

第3主成分……気温変化の緩急

を表していると考えられる。このパターンは夏の極めて暑い一時期に見られ、真夏の連続した晴天日に現れている。また、真夏以外の晴天日にも見られることがあることが分かった。

真夏の晴天日型の主成分得点の例を第2図に示す。真夏の晴天日型の特徴は、一番暑い地域（第1主成分得点が高い地域）が東京都心部から北側に分布していることである。また、都心部および沿岸部では第2主成分の得点が低く、日内の気温変化が非常に小さいことが特徴である。

第3主成分の特徴は因子負荷量の負のピークが夜間の20時前後と日没後にあり、そのピークが非常に緩やかなことである。したがって、夜間に気温が下がる地域は第3主成分の主成分得点が高く、夜間に気温が下がりにくい地域は主成分得点が低くなる。第2図からは第3主成分の得点が低い地域は都心部と山間部を中心に分布している。これは、山間部では日没時点ですでに十分冷えている、そして都心部では夜間になって

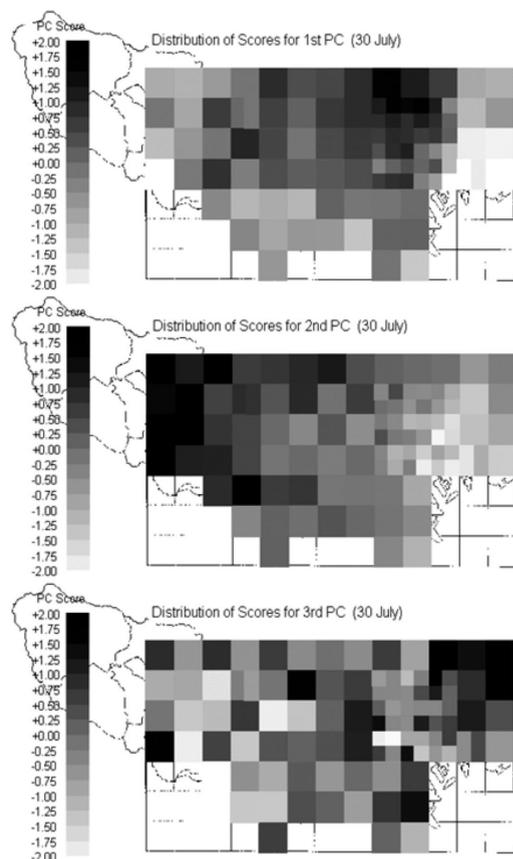
も冷えにくい、からであると解釈できる。都心部に熱がこもるといふヒートアイランド現象が顕著に現れているといえる。また、第3主成分の得点が高い地域は都心部から東の荒川沿い、南西の多摩川沿いに多く分布している。これらの地域は夜間には気温の下降が大きいということである。しかしながら夜間に気温が下がるということは、裏返せば日没時点でまだ十分に気温が下がっていなかったということであり、これも特徴的であるといえよう。

② 真夏以外の晴天日型

主成分の寄与率は真夏の晴天日型と似ているが、第1主成分、第2主成分とも因子負荷量の絶対値が高い時間帯と低い時間帯が明確に分かれているのが特徴である。各主成分は、

第1主成分……夜間気温

第2主成分……昼間気温



第2図 真夏の晴天日型の主成分得点の地理的分布の例（7月30日）。上段：第1主成分，中段：第2主成分，下段：第3主成分。

第3主成分……気温変化の緩急を表している。このパターンは一日中晴れた日については秋・冬・春のほとんど全ての日に当てはまる。また、夏についても8月の下旬のように秋に近い時期にはこのパターンが現れることもある。

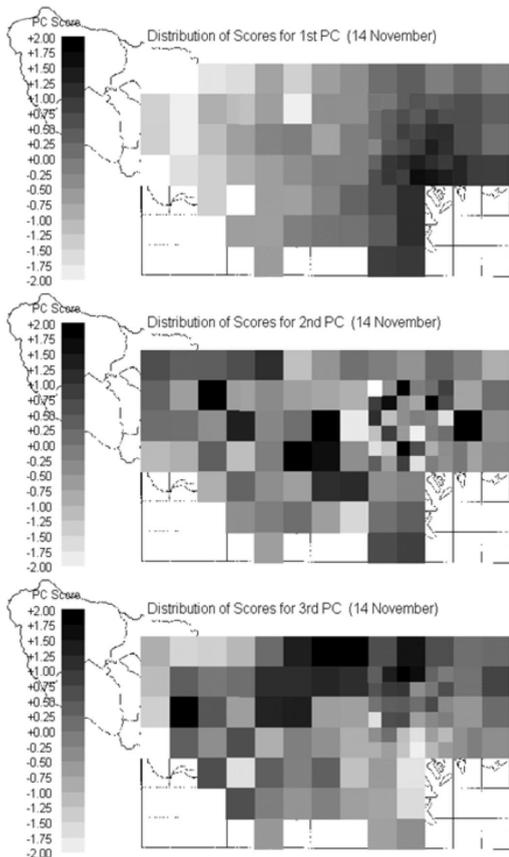
真夏以外の晴天日型の主成分得点の例を第3図に示す。第1主成分の得点分布から、真夏以外の晴天日型においては、夜間気温は海岸あるいは都心部からの距離の影響が大きいことが分かる。都心部から南あるいは東に離れた沿岸地域の得点が高いことから、海岸からの距離とも解釈できるが、都心部は海岸からの距離も近く、その影響の明確な分離は困難である。沿岸部、都心部の両方の影響が現れていると解釈するのが妥当であろう。

昼間の気温を表す第2主成分、そして9時と15時に

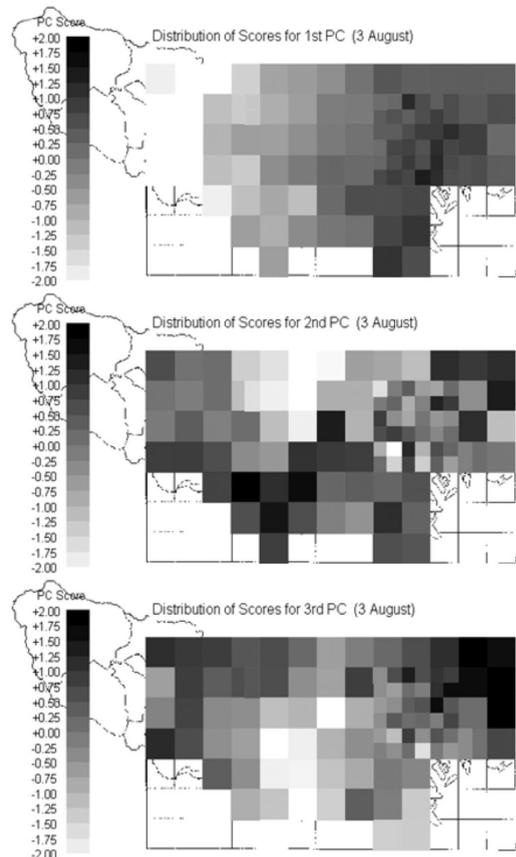
ピークがある昼間の気温変化の緩急を表す第3主成分の分布から、日照のある時間帯での気温の地理的分布の変化があることが分かる。しかしながら、真夏の夜間の時間帯で見られた夜間の時間帯にピークが現れる主成分がなく、夜間の時間帯での地理的分布の変化は見られなかった。

③ 曇天日・雨天日型

第1主成分の因子負荷量は1日を通じて1に近い値となる。寄与率もほぼ1であって、第1主成分のみで東京都100地点の気温変動が説明できるということになる。つまりこの第1主成分は1日の平均気温を表していると考えられる。言い換えれば、東京都100地点で等温線を描いた場合、一日中大きな変化は見られないということである。このパターンは一日中曇天あるいは雨天という天候である日に当てはまり、季節によ



第3図 真夏以外の晴天日型の主成分得点の地理的分布の例(11月14日)。上段：第1主成分、中段：第2主成分、下段：第3主成分。



第4図 曇天日・雨天日型の主成分得点の地理的分布の例(8月3日)。上段：第1主成分、中段：第2主成分、下段：第3主成分。

る違いは見受けられない。つまり、季節の如何に関わらず日照がない日にはこのような気温変動をすることが明らかとなった。また曇天と雨天による相違も検出されず、降水の有無と比較して日照の有無の影響が大きいといえる。

曇天日・雨天日型の主成分得点の例を第4図に示す。第1主成分の得点分布は、沿岸部・都心部に近いほど高いことが分かる。真夏以外の晴天日型と類似しており、沿岸部、都心部の両方の影響が現れているといえる。

4. 考察

4.1 解析方針についての考察

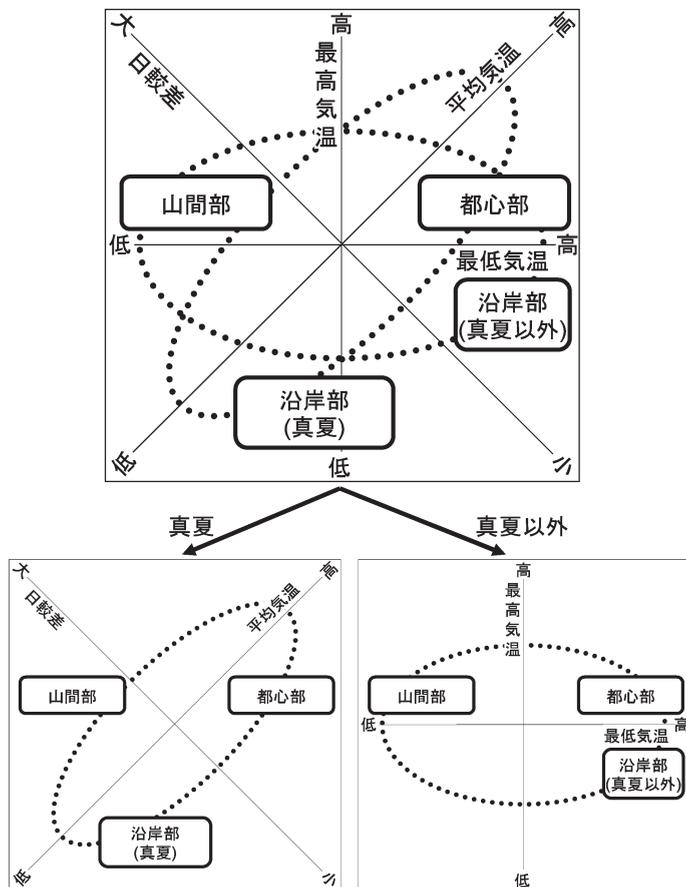
本研究では、1日の気温変化パターンが、季節および天候によってどう変化するかを検討した。これを検討するために、第一に、複数の日を解析対象として取り上げ、取り上げた日各々に対して主成分分析を適用し、気温日変化パターンを抽出した。そして第二に、抽出された気温日変化パターンの共通点や違いを吟味した。統計的なデータの性質を考慮すれば、今回対象としてとりあげたデータ全体としては、各時刻に複数の変数が存在する（ここでは観測地点として100変数）、長さが1年間の多変量時系列である。多変量時系列の解析手法は一般的に難解であるが、このような多変量時系列に対し、1日ごとの解析を複数回行うというアプローチをとった。その結果、主成分分析という比較的容易な方法で必要な情報を抽出することができた。データ全体の変動構造を、一連の主成分分析によって明らかにできたといえよう。これにより、統計解析結果から気温日変化に基づくヒートアイランド現象に関する考察を行うことが可能となった。

4.2 晴天日の主成分の違いについての考察

晴天日について抽出された最初の2つの主成分の解釈についてだが、真夏の晴天日では「平均気温&日較

差」であり、それ以外の晴天日では「最高気温&最低気温」であった。この2つの主成分で張られる平面を考えてみると、この平面は同じであると考えられる。ではなぜ、このように違いが発生するのだろうか。

都心部においては1年を通して、平均気温および最低気温が高く、そして日較差が小さい。山間部においては1年を通して、平均気温が低く日較差が大きい。しかし、沿岸部においては、1年を通して日較差が小さいが、平均気温に関しては季節によって異なる。真夏は、沿岸部は平均気温が低い、すなわち涼しい地域となっている。しかし真夏以外の季節では、沿岸地域の平均気温は他の地域に比べて高くなっている。この沿岸部の挙動の違いが、抽出される主成分の違いとなって現れているといえる。この関係を第5図に示す。



第5図 気温日変化の特徴による地域の布置。各軸は気温日変化の特徴、四角枠は地域を、楕円は季節による布置の傾向を示す。

別の表現をすれば、真夏では都心部に近い場所は暑く、山間部あるいは沿岸部に近い場所は涼しい。そしてその涼しさは、山間部では夜間に気温が下がる涼しさ、沿岸部では昼間に気温が上がらない涼しさである。真夏以外の季節では、都心部・沿岸部に近い場所は暖かく、山間部に近い場所は寒い、ということである。

以上のように、真夏は気温日変化パターンによって山間部、都心部、沿岸部の3つの地域に大きく分類することができる。一方、真夏以外では山間部、都心部・沿岸部の2つに大きく分類される。3章の気温日変化パターンの抽出においては、真夏の晴天日においては、夜間の時間帯にピークが現れる主成分が得られたが、これからも、真夏においては気温の日変化の仕方が多様であることが分かる。したがって、東京における晴天日のヒートアイランド現象の現れ方が季節によって異なるということが分かる。

5. まとめ

東京都各所100地点において観測された1時間間隔のデータ1日分に対し、主成分分析を適用して、当該日の気温日変化パターンを抽出するという解析を、季節と天候の組合せに対し複数日を対象として行った。

得られた主成分の解釈と観測地点の主成分得点の地理的分布を吟味した結果、解析対象日を、1) 真夏の晴天日、2) 真夏以外の晴天日、3) 曇天日・雨天日の3つのグループに分類できた。

晴天日においては、いずれの季節も3つの主成分が抽出された。その解釈は、真夏においては、平均気温、気温の日較差、気温変化の緩急であり、それ以外の季節においては、最高気温、最低気温、気温変化の緩急、となった。このように気温変化の緩急が現れるのが晴天日の特徴といえる。真夏の晴天日においては、特に夜間の気温変化の緩急という興味深い気温変化パターンが抽出された。東京という限られた範囲の中で、気温日変化パターンが異なる地点が存在していることが分かる。一方、曇天日・雨天日においては、平均気温を表す1つの主成分だけが抽出された。曇天日・雨天日においては、平均気温の違いだけに注目することにより、東京の気温分布の大部分を説明できることが分かるということである。

気温日変化という着眼点から、東京で起こっているヒートアイランド現象の現れ方が、季節や天候によって異なることが分かった。

謝辞

本論文をまとめるにあたり、2名の査読者には、多くの有益なご意見、ご指摘をいただいた。また、編集委員の方々には、本当に長きにわたり担当していただくと同時に、多くのご助言をいただいた。ここに、心から感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 安藤晴夫, 塩田 勉, 森島 濟, 小林茂喜, 石井康一郎, 泉 岳樹, 三上岳彦, 2003: 2002年夏期における都区部の気温分布の特徴について. 東京都環境科学研究所年報 2003, 81-87.
- Beaver, S. and A. Palazoglu, 2006: Cluster analysis of hourly wind measurements to reveal synoptic regimes affecting air quality. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, **45**, 1710-1726.
- 藤部文昭, 1993: 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*, **40**, 759-767.
- 伊藤政志, 宇田川 満, 三上岳彦, 1994: 東京都内の気温分布について(その1). 東京都環境科学研究所年報 1994, 35-46.
- Kim, Y.-H. and J.-J. Baik, 2005: Spatial and temporal structure of the urban heat island in Seoul. *J. Appl. Meteor.*, **44**, 591-605.
- 日下博幸, 西森基貴, 安成哲三, 1998: 最高・最低気温偏差の季節性を利用した都市化に伴う気温上昇率の推定. *天気*, **45**, 369-378.
- 日下博幸, 大庭雅道, 鈴木智恵子, 林 陽生, 水谷千亜紀, 2009: 冬季晴天日におけるつくば市のヒートアイランド: 予備観測の結果. 日本ヒートアイランド学会論文集, **4**, 10-14.
- 榎元慶子, 谷口一郎, 野邑奉弘, 2006: 2005年の大阪市域における気温分布の特徴とヒートアイランドの発生状況. 日本ヒートアイランド学会論文集, **1**, 30-35.
- 三上岳彦, 安藤晴夫, 横山 仁, 山口隆子, 石井康一郎, 塩田 勉, 森島 濟, 小島茂喜, 泉 岳樹, 2004: 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. 東京都環境科学研究所年報, 11-17.
- 朴 恵淑, 安成哲三, 沖 理子, 尾田敏範, 1994: 地上気温変動の季節性に着目した都市気候成分の解析. *地理学評論*, **67A**, 561-574.
- 榎原保志, 森田昭範, 2002: 長野県白馬村におけるヒートアイランドの日変化・季節変化. *天気*, **49**, 901-911.
- 菅原広史, 池 東旭, 遠峰菊郎, 2005: ヒートアイランド強度算定のための都市気温分布の検討—ソウル(韓国)の例—. *天気*, **52**, 119-128.
- 鈴木知道, 玄地 裕, 飯塚悦功, 小宮山 宏, 2001: 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一. 天気, 48, 383-391.
横山 仁, 安藤晴夫, 山口隆子, 市野美夏, 秋山祐佳里,
石井康一郎, 三上岳彦, 2005: 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 観測結果—. 東京都環境科学研究所年報2005, 3-9.

Diurnal Temperature Changing Patterns of Tokyo According to Season and Weather

Tomomichi SUZUKI* and Yoshinori IIZUKA**

* (*Corresponding author*) *Department of Industrial Administration, Faculty of Science and Technology, Tokyo University of Science, 2641 Yamazaki, Noda, Chiba, 278-8510, Japan.*

E-mail : suzuki@ia.noda.tus.ac.jp

** *Department of Chemical System Engineering, School of Engineering, The University of Tokyo.*

(Received 12 November 2001 ; Accepted 24 April 2009)

Abstract

Statistical approaches were applied to the heat island phenomena occurring in Tokyo Metropolis in order to clarify how the diurnal temperature changing patterns vary according to season and weather. For each of the selected day, principal component analysis is applied to the temperature data that were measured every hour at 100 locations in Tokyo, and the diurnal temperature changing patterns are extracted. Days are selected from all the four seasons, i.e. spring, summer, autumn, and winter. Also, days from sunny, cloudy, and rainy days are selected.

By interpreting the obtained principal components and examining the geographical distributions of the principal component scores of the measured locations, the days are classified into three groups : a) sunny days in mid-summer, b) sunny days except in mid-summer, and c) cloudy days and rainy days. From the characteristics of these groups, it is found that the urban heat island phenomenon occurring in Tokyo appears differently according to season and weather in terms of diurnal temperature variation.