

## 日最高・最低気温の永年変化に与える都市化の影響\*

野口 泰生\*\*

## 要 旨

日本の気象官署の8割は国土面積の3%に過ぎない都市の人口集中地区 (DID) に立地しており、気温の永年変化に与える都市化の影響が懸念される。

冬の気温に低下傾向が見られる1950年から1988年までの期間について、官署所在都市の人口階級別に日最高・最低気温の平均変化率を求めると、日最高気温には都市化の影響はほとんど見られない。一方、日最低気温は人口2万未満の官署で冬を中心に著しく低下するのに対し、人口規模が大きくなるにつれて気温変化率は上向き、地方気象台所在都市や100万都市では著しい昇温を示す。

主成分分析により日本を地域区分し、地域毎に、都市化の影響の無い官署群平均日最高・最低気温からの差として各官署の永年変化を表現すると、この差の時系列回帰直線の傾きは都市化による昇温率を示すものと思われる。日最低気温についてはこの昇温率と都市規模 (人口) との間に強い相関が見られる。

## 1. はじめに

日本では現在155の気象官署が気象庁月報に記載され全国に分布しているが、これらの多くは都市域に立地している。官署の所在都市で、人口集中地区 (DID) の面積に等しい円を都市中心部に描くと、全官署の約80%がこの円内に含まれ、多くの官署が都市のヒートアイランド現象やそれが都市化に伴って年々拡大・強化されることによる影響を受けているものと予想される。日本の DID は国土全体のわずか2.9% (1985年国勢調査) に過ぎないから、これらの影響は、日本全体の気温変化を議論するような場合には、取り除かなければならないローカルなバイアスと考えられる。

温室効果気体による地球規模での温暖化については、今後100年間で1.5~4.5°C昇温することが複数のGCMによって予測されている (Schneider, 1990) が、このような気候変化を正確に把握するためにも、でき

る限りノイズの無いデータセットが世界的に要求される (Karl and Jones, 1989; Wood, 1990; Changnon, 1992)。様々なノイズの中でも、とりわけ、都市化の影響は気温に最も深刻な影響を与えるものとして指摘され、その数値が試算されてきた (Cayan and Douglas, 1986; Kukla *et al.*, 1986; Karl and Jones, 1989)。

日本でも都市化に伴う気温上昇についてはこれまでに多くの議論がある (例えば、荒川, 1938; 福井, 1968; 荒川ほか, 1970; 加藤・森, 1971)、これに対し、都市化の影響を取り除いたり、全国規模で都市化の影響を推定する試みがされた (小元・鱧谷, 1979, 1980; 野口, 1991, 1992)。三上 (1979) は主成分分析を用いて気温累年値に都市化の影響が含まれる地点を抽出し、東京とその周辺域の区分を行なっている。

一般に気温の永年変化に含まれる都市化の影響の度合は都市により様々で、都市化の進行が遅くヒートアイランド効果が永年固定化されている地方都市もあれば、激しい都市化の影響でヒートアイランド強度が急激に増大している都市もある。また、季節によって、バックグラウンドの気温変化の方向が都市化による温暖化と一致している場合もあれば相殺している場合もある。さらに、ヒートアイランド現象に出現しやすい季節や時間があるのと同様に、気温に与える都市化の

\* The Effect of Urbanization on the Long-term Trends of Daily Maximum and Minimum Temperatures.

\*\* Yasuo Noguchi, 国土館大学文学部地理学教室。  
—1993年3月22日受領—  
—1993年10月2日受理—

影響にも季節差・時間差があるものと思われる。

従ってここでは、時間と共に拡大・発展を続ける都市（すなわち都市化）が気温の永年変化に対しどのような影響を与えているのかを日最高・最低気温の月・季節・年平均累年値を用いて全国規模で考察する。

ここで用いた人口統計はすべて1985年国勢調査によるものである。また、紙面の都合上、掲載する図は主に日最低気温のものである。

## 2. 日本における気温の永年変化

日本の気象官署のうち1900年から1990年までの91年間で、統計的に切断が無く、かつ官署所在都市の人口が100万未満の34官署（注）について、気温の全官署平均永年変化を季節別に示すと第1図のようになり、回帰直線の傾きは春が最大で、秋が最小となる。

また、同じく月別に見ても（図省略）、すべての月で+の傾きを示すが（1月は統計的に有意では無く、2, 3, 7, 9月は危険率5%で有意、その他はすべて1%で有意）、傾きの最大は5月（ $0.172^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ ）、次が4月（ $0.119^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ ）、傾きの最小は10月（ $0.026^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ ）、次が1月（ $0.072^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ ）となっている。

これらのことから、日本全体として気温が上昇傾向にあることは分かるが、この上昇率は統計期間や月・季節の取り方によって大きな違いがある。特に、1940年代後半以降1980年代後半までの期間では、冬を中心に気温の上昇傾向が鈍化しているように見える。

いま、1950年から1988年までを調査期間として、この間における都市化の影響を考察する。この期間を採用した理由は、1) 1940年代後半の冬を中心とした気候ジャンプ（Yamamoto *et al.*, 1985）以後、冬を中心に気温が低下傾向にあると思われること、2) 第1図の年平均に見られるように気温が急激に上昇を示すのが1989年以降であること、3) 本論で問題とする日最低気温において、23官署（後述する都市化の影響の無い官署）平均の年平均永年変化が1988年は年平均を下回っているが、1989～91年はこれを大きく上回る、などのためである。

また、この論文の主旨は、気温に与える都市化の影響をバックグラウンドの気温変化からの差として官署ごとに取り出して示すことにあるので、統計期間を1988年で切っても、他の年で切っても、結果に与える影響は少ないものと思われる。しかし、確認のために最近の高温年を含めて、1950～1991の期間について再計算した結果をあとがきに示す。

1950年から1988年までの期間について、統計的に切断のある官署を除き、人口階級別に日最高・最低気温の季節・年平均変化率を回帰直線の傾きとして求めると第2図のようになる。

季節を問わず全般的に気温は低下傾向にあることが分かる。特に日最低気温については、都市化の影響の無い官署や人口2万未満の官署で冬を中心に気温が著しく低下している。人口規模が大きくなるにつれてこの傾向は減少し、100万都市では著しい昇温を示している。ただし、人口100万以上の8都市には都市化の影響がほとんど現れない官署である神戸（後述）が含まれ、また1968年に移転による切断のあった大阪が除外されている。また、管区・地方気象台の平均上昇率（平均人口74万人）は人口30万～100万未満の階級平均よりもかなり高い値を示している。

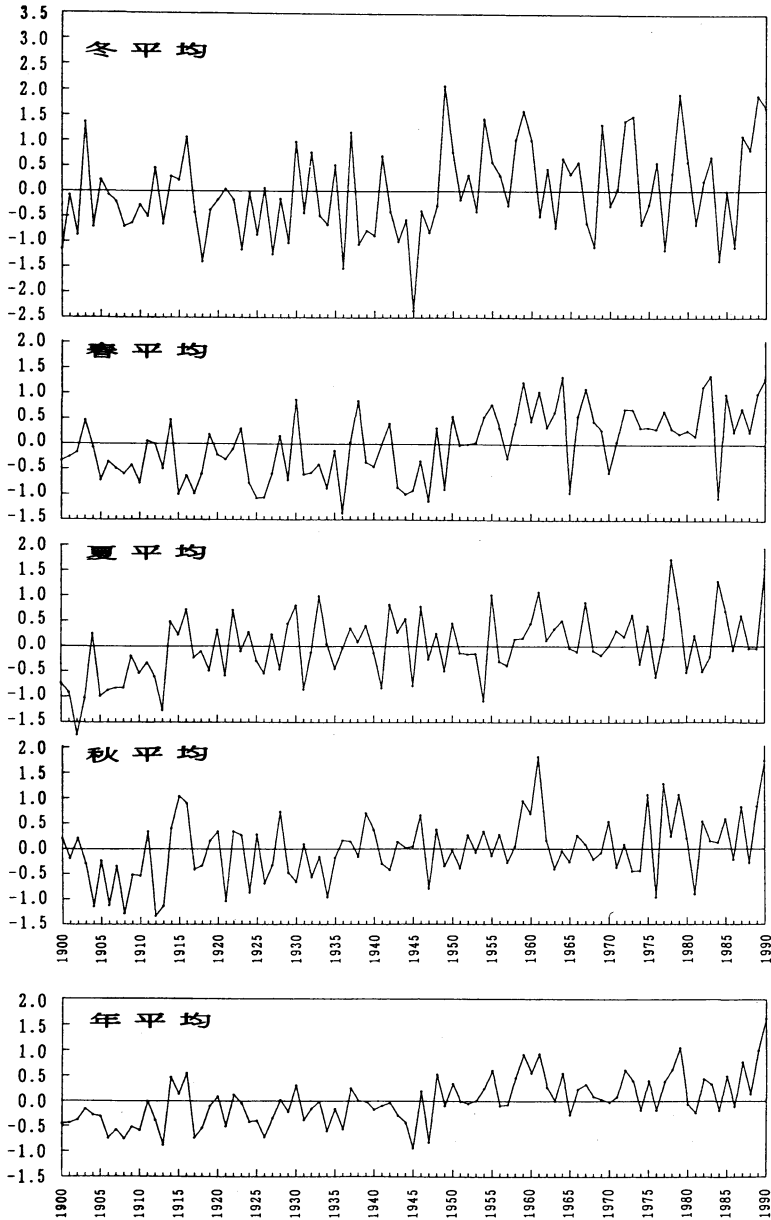
一方、日最高気温については、等値線（傾向線）が縦に並んで季節変化は著しいものの、人口規模による違い、すなわち都市化の影響は見られない。日最高気温の冬平均変化率を見ると、どの人口階級でも $-0.2^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ 付近にあり、日最低気温の「都市化の影響の無い官署群」や「人口階級2万未満」の冬平均変化率（ $-0.24^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ ）にほぼ等しい。

このように、日本における気温の永年変化は、1900年以降今日までの全般的傾向としては上昇しているが、最近の39年間で見ると冬を中心に低下し、さらにその低下傾向の中で日最低気温において、大都市を中心に、また季節的には冬を中心に、都市化の影響が著しいということになる（人口100万以上の都市と2万未満の都市との差は日最低気温の季節平均で $0.3\sim 0.4^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ となる）。この都市化の影響を官署毎に取り出すことが本論の目的である。

## 3. 資料と方法

使用した資料は気象庁の要素別月別累年値ファイルで、一定の統計期間で切り取った日最高・最低気温データをその期間平均値からの差（偏差）として各官署ごとに求め、この月別偏差値を基本データとする。対象

注) 1900～1990の間に切断がなく、官署所在都市人口100万未満の34官署：旭川、網走、根室、寿都、山形、石巻、福島、金沢、伏木、長野、高山、前橋、熊谷、水戸、敦賀、岐阜、飯田、銚子、津、浜松、境、浜田、彦根、下関、和歌山、厳原、佐賀、宮崎、松山、多度津、高知、徳島、名瀬、石垣島



第1図 日本における季節・年平均気温の永年変化 (1900~1990)。

注：人口100万以上の都市に立地する官署と統計的切断のある官署を除く34官署の平均。冬平均は前年の12月と翌年の1、2月の平均。

回帰直線の傾き=冬：0.098°C/10年，

春：0.133°C/10年，夏：0.104°C/10年，

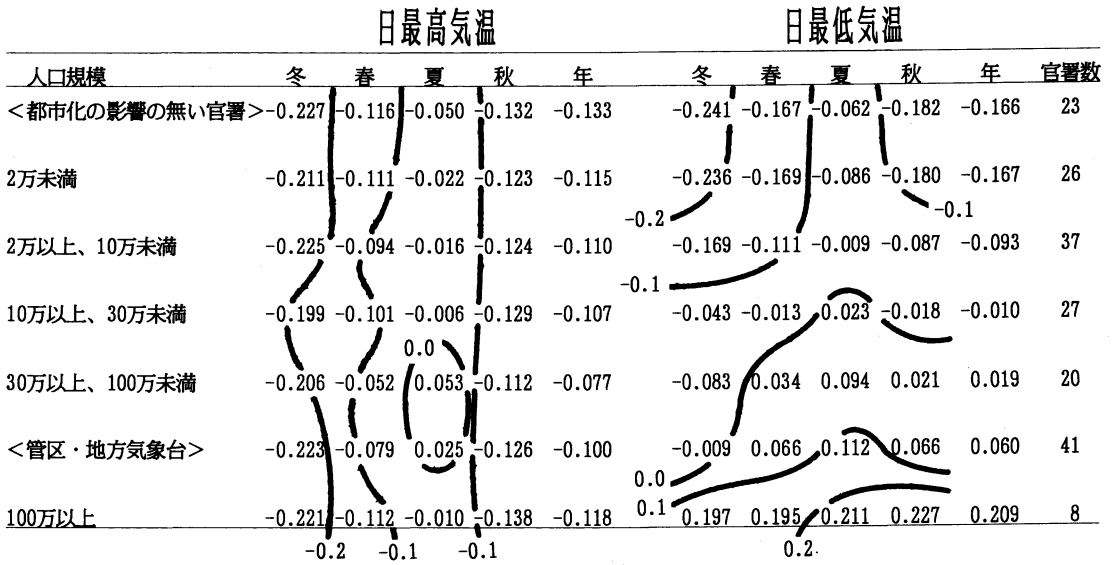
秋：0.085°C/10年，年：0.106°C/10年

(すべて危険率1%で有意)

とする期間は、上述の理由で採用した1950年から1988年までの39年間である。不揃いな統計期間による計算結果への影響を無くすため、基準開始年(1950)より

古いデータは気温偏差の計算には使用しない。また観測開始が1950年以降の官署も使用しない。

各官署における都市化の影響を表現するために、都



第2図 官署所在都市の人口規模別・季節別にみた日最高・最低気温の変化率(1950~1988)(単位:°C/10年).  
 注:統計的切断のある官署は除く.比較のために,都市化の影響の無い23官署平均と管区・地方气象台(切断の無い41官署平均,平均人口74万人)を入れた.管区・地方气象台のうち,北海道と沖縄は札幌・那覇のみを使用.都市化の影響の無い官署と人口2万未満の官署は18官署が重複する.

市化の影響を受けていないと思われる官署を地域毎に選び出し,地域平均の永年変化を求め,これからの差として各官署の気温変化を示す.これは,同一の気候区内では大気候的原因に伴う気温の昇降はほぼ等しい(福井,1968)と思われるからである.また,Karl and Jones(1989)は,米国のHCNデータ(都市化の影響の無い,人口1万以下の観測地点が全1219地点のうちの70%を占め,その他の地点も補正してある)と,半球平均や世界平均に用いるデータセット(主にMonthly Climatic Data for the WorldやWorld Weather Recordに含まれる地点)のうちの米国部分とを比較して,その差から後者に含まれる都市化の影響を抽出したが,本論でも都市化の影響の無い官署群平均からの差を取るという点では基本的に同じである.

都市化の影響の無い官署の条件としては,統計期間(1950~88)を満たす136官署の中から,1)1950年以降統計値に切断がなく,かつ,2)1985年国勢調査の時点で官署の所在都市がDID指定を受けていないか,指定を受けていても官署がDID地域外で都市の影響を受けていないと思われる場合とした.

ここで切断とは要素別月別累年値ファイルに切断として示されているものをすべて切断として扱った.

従って,実際に官署の移転等があっても,統計的に連続していると判定されている(気象庁1990)官署データ(東京など)はそのまま使用した.また,官署がDIDの地域外であるかどうかの判断は,1/5万地形図を用いて,すべての官署所在都市上で,ヒートアイランドの高温部が出現するであろうと思われる都市中央部を中心としてDID面積に等しい円を描き,官署が円の外に充分出ている場合とした.

これらの条件をすべて満たす官署は次の23地点である:雄武,寿都,深浦,相川,河口湖,伊良湖,御前崎,石廊崎,網代,大島,三宅島,八丈島,日光,西郷,伊吹山,洲本,潮岬,阿蘇山,種子島,剣山,室戸岬,宮古島,南大東島.ただし,種子島は1951年に切断があるが,切断年が調査期間の始めであるため全体への影響が少ないと判断して含めた.

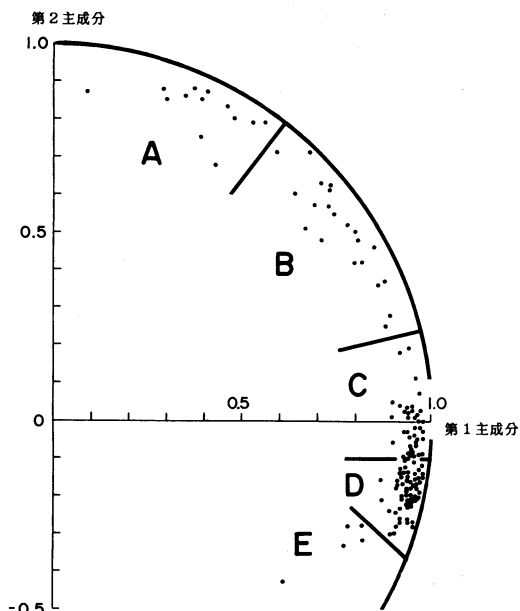
#### 4. 地域区分と都市化の影響の検出

これら23官署の永年気温変化を同時に図示すると,大気候的条件の違いによると思われる官署間のばらつきが多少見られるが(野口,1992),南北に長い日本列島を考えたとき,全国規模で気温を同一方向に変化させる傾向が非常に強いことが分かる.

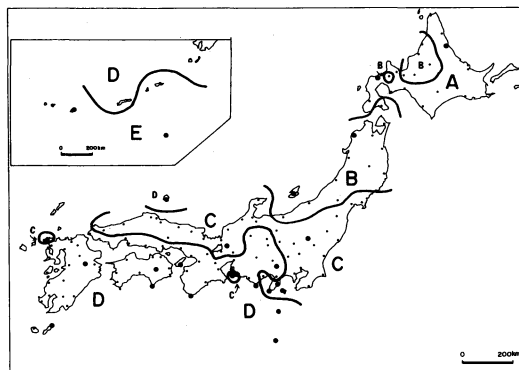
この官署間のばらつきをさらに小さくするために,

第1表 日本の136官署の日最高・最低気温（夏・冬・年平均）を用いた主成分分析の累積寄与率

	日最高気温			日最低気温		
	夏平均	冬平均	年平均	夏平均	冬平均	年平均
第1主成分	61.3	79.1	61.9	64.3	76.1	63.4
第2主成分	75.8	91.0	76.7	76.7	89.0	77.3
第3主成分	81.9	93.0	81.6	82.7	91.4	83.1



第3図 冬平均日最低気温の主成分分析による第1・第2成分因子負荷量の散布図



第4図 第3図の結果に基づく日本の地域区分。  
注：大きい黒丸は都市化の影響の無い23官署，小さい黒丸は主成分分析に用いた136官署(切断のある官署を含む)。

日本を大局的にいくつかの地域に分割する。このため、136官署の1950～88年の気温偏差データ（日最高・最低気温の冬・夏・年平均）を用いて主成分分析を行なった。ここでの目的は、136官署の気温変化によって示される気温変動の要因を、いくつかの互いに無相関な少数個の主成分に要約し、各主成分が各官署（もとの特性値）に対して持つ説明力（因子負荷量）によって日本を分割することにある。すなわち、各官署の気温変化に対し、全国規模の変動を説明する各主成分の寄与率を求めて日本を区分する。

日最高・最低気温（夏・冬・年）のいずれの場合でも、第1～第3主成分の累積寄与率が全体の80%以上を占め、特に冬には第1、2主成分の累積寄与率が90%前後に達する（第1表）。また、いずれの場合も、第1主成分は全国を同じ方向に変化させる成分で、第2主

成分は全国を北と南に分ける成分であって、7、8月の月平均気温に主成分分析を適用した三上（1975）の結果と類似する。第3図はこれらの主成分をそれぞれ横軸・縦軸に取った因子負荷量の散布図で、これを基に、日本を類似の変動傾向を持つ4ないし5の地域に区分した。

地域数は、日本全体を1つの地域として扱った場合を基準として、細区分した場合の改善の割合によった。すなわち、各官署の永年気温変化と都市化の影響の無い全23官署平均永年気温変化との差の時系列を直線回帰した時の標準誤差を  $A_i$  とし、各官署の永年気温変化と地域毎に平均した都市化の影響の無い官署の永年気温変化との差の時系列を直線回帰した時の標準誤差を  $B_i$  とすると、ほとんどの官署で  $B_i < A_i$  となるように細区分した。ただし、細分化を進めると、1地域を代表する、都市化の影響の無い、官署が1つあるいは皆無となる場合が出て来るため、細分化の限界を1地域に最低2官署とした。このようにして得られた地域の境界線は、日最高・最低気温ごとや、冬・夏・年平均ごとに多少異なるが、ここには冬平均日最低気温

の例を示す(第3図, 第4図)。

第4図の5つの地域は、A地域が主に第2主成分によって説明される地域、B地域は第1, 2主成分が半々の説明力を持つ地域、C, D地域は主に第1主成分によって説明される地域、E地域は第1主成分が主で、第2主成分がA地域とは逆符号の影響を持つ地域である。

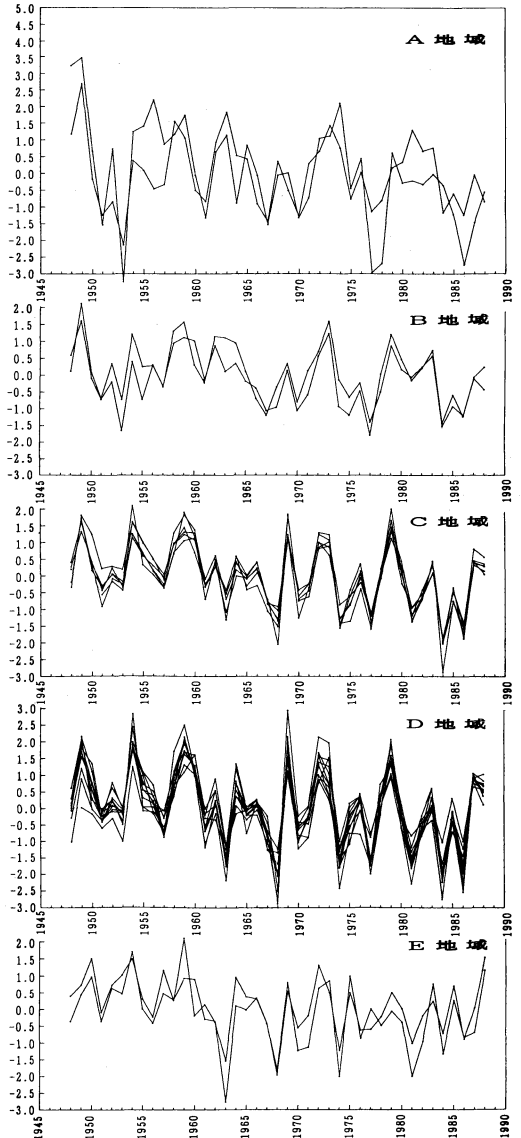
各官署における都市化の影響を検出する第一段階として、各地域ごとに、都市化の影響の無い官署群平均気温変化を求める。第5図は、各地域ごとに示した都市化の影響の無い官署群の冬平均日最低気温の永年変化である。この図から求められる各地域平均永年変化をその地域を代表するバックグラウンドの気温の永年変化と考える。地域毎に、各官署の気温の永年変化から、このバックグラウンドの気温の平均永年変化を差し引けば、各官署固有の局地的な現象が現れる。この局地的な現象は大都市では主に都市化の影響であると考えられる。

#### 4.1 バックグラウンドの気温変化からの残差

第2図や第5図からも明かなように、少なくとも戦後の40年代後半から80年代後半まで、日本周辺では全国的に冬を中心として日最低気温に低温化傾向が顕著である。Chiang *et al.* (1991) の指摘によれば、台湾最南端の町、恒春でも気温低下が著しく、低温化傾向は極東地域の広い範囲の現象と思われる。またこれは柏原(1987)や気象庁(1990)が示す北太平洋を中心とした近年の冬の大規模な500 hPa 面高度の低下傾向とも一致する。

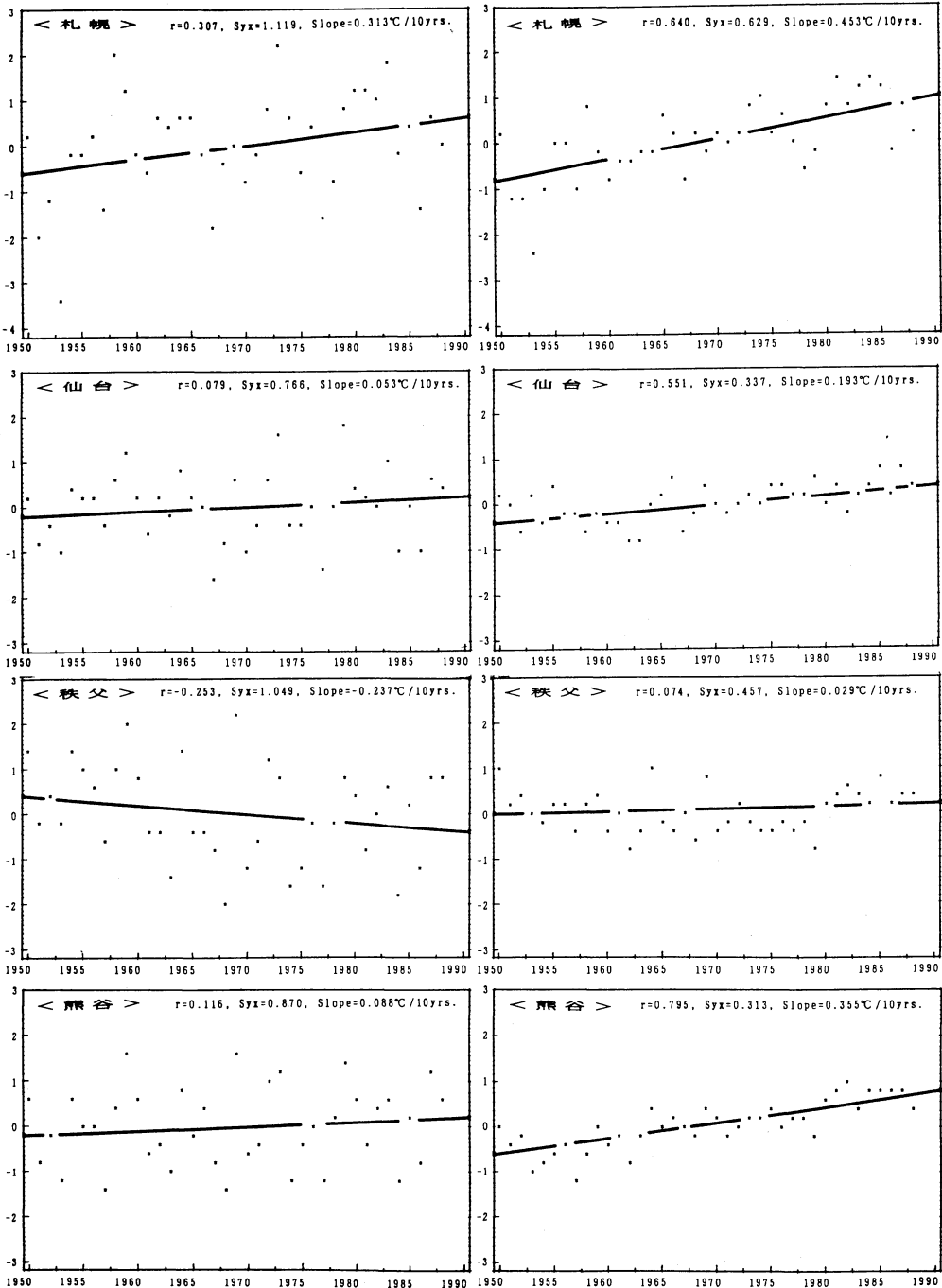
第6図では、日本全国のいくつかの官署について、左に都市化の影響を含んだ「生の」冬平均日最低気温の永年変化を、右にバックグラウンドの気温の永年変化を差し引いて都市化の影響を取り出した(補正した)ものを例示する。全体として、補正した後に標準誤差が著しく小さくなるが、これはバックグラウンドの気温変動が除かれて、比較的直線的に現れると思われる年々の都市化の影響が残差として残った結果と判断できる。この補正作業によって、気温変化の傾き(右図)は各地点ともバックグラウンドの気温が低下傾向にある分だけ左図と比べ一律に大きくなっている。

東京・名古屋などの大都市では、標準誤差がきわめて小さくなる一方、傾き・相関係数共に増大する。都市化の影響が年々増大している大都市の官署ほどこの補正による「改善」(標準誤差の減少、傾きの増大、相関係数の増大)が認められる。



第5図 都市化の影響の無い官署群における冬平均日最低気温の地域別永年変化。

しかし、神戸では、人口100万以上の大都市としては例外的に都市化の影響がほとんど認められない(観測値の切断も無い)。この理由は、六甲山地によって都市の発達が進む方向に限られているためと思われるが、同時に海陸風の発達がよく(根山, 1982)、年間を通して夜間から早朝にかけて六甲方面から2~3m/secの陸風を受けることも理由として考えられるかも知れない。不定形な都市(例えば稚内、室蘭、函館、大船渡、長崎など)の影響や海陸風の影響などは、気温に与え

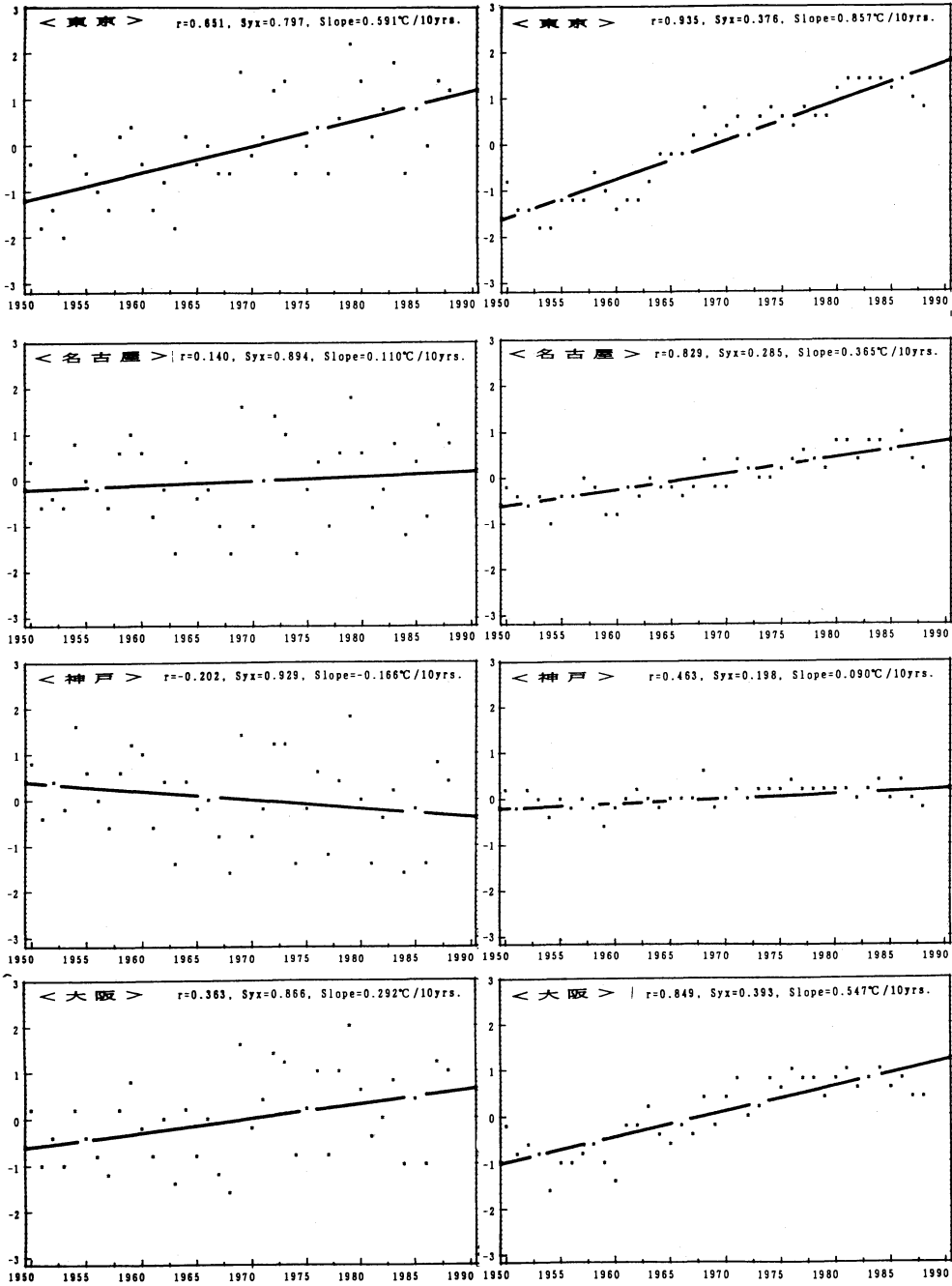


第6図の1

冬平均日最低気温における都市化の影響の抽出 (左側：冬平均日最低気温の永年変化，右側：都市化の影響の無い官署群平均からの差)。

る都市化の影響に対して制限要因となっていると思われるが、この点については今後の課題としたい。

また、秩父(人口6.1万人，1985年)でも都市の影響(ヒートアイランド効果)がしばしば卒業論文などで確



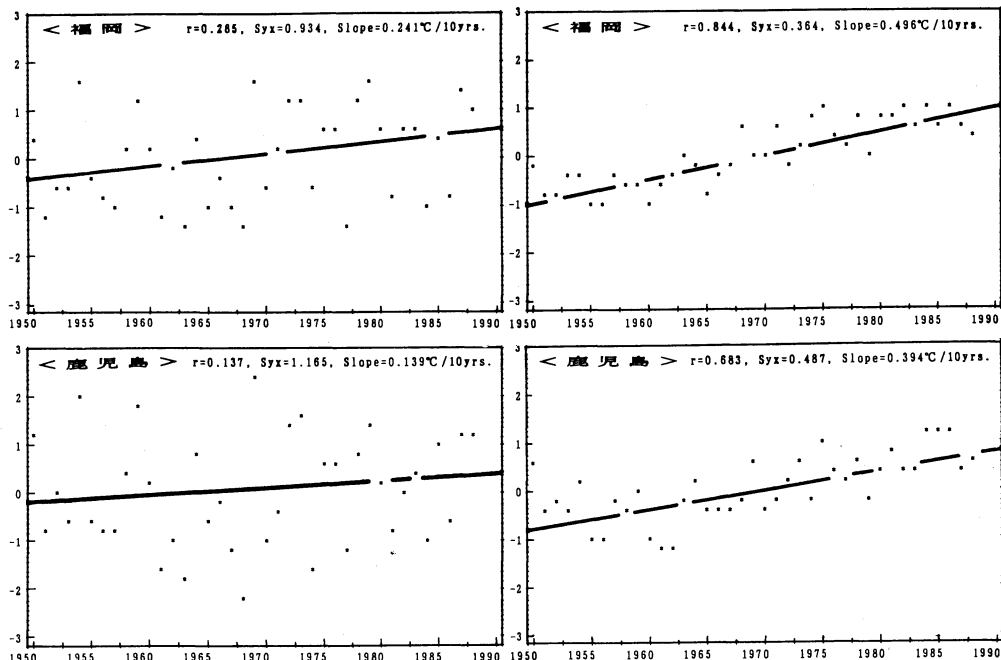
第6図の2

冬平均日最低気温における都市化の影響の抽出 (左側：冬平均日最低気温の永年変化，右側：都市化の影響の無い官署群平均からの差)。

認されているものの、都市の発達に伴う都市化の影響はほとんど見られない。秩父の人口は1960年の6万人からほとんど変わっていない。ここは年間を通して

風速が弱く、冬の夜間には西高東低の気圧配置下で荒川上流から北へ向かって山風性の風系が発達するところでもある (村上, 1989)。





第6図の3

冬平均日最低気温における都市化の影響の抽出 (左側：冬平均日最低気温の永年変化，右側：都市化の影響の無い官署群平均からの差)。

本論では、冬平均日最低気温のみを都市化の影響の無い官署平均からの差として図示したが、他の季節や年平均についても日最高・最低気温それぞれについて同様の作業を行なった。

#### 4.2 都市化による気温変化と都市規模

「都市化」という言葉そのものの定義が曖昧であるために、気温に与える都市化の影響の大小を決める要因も曖昧とならざるを得ない。人為的には各都市の規模・構造・機能・形態が時間と共に変化し、その速度が問題となる一方で、都市周辺の地形・海洋・局地風系などの自然条件も、気温に与える人為的影響の強化・鈍化に影響を与えている。

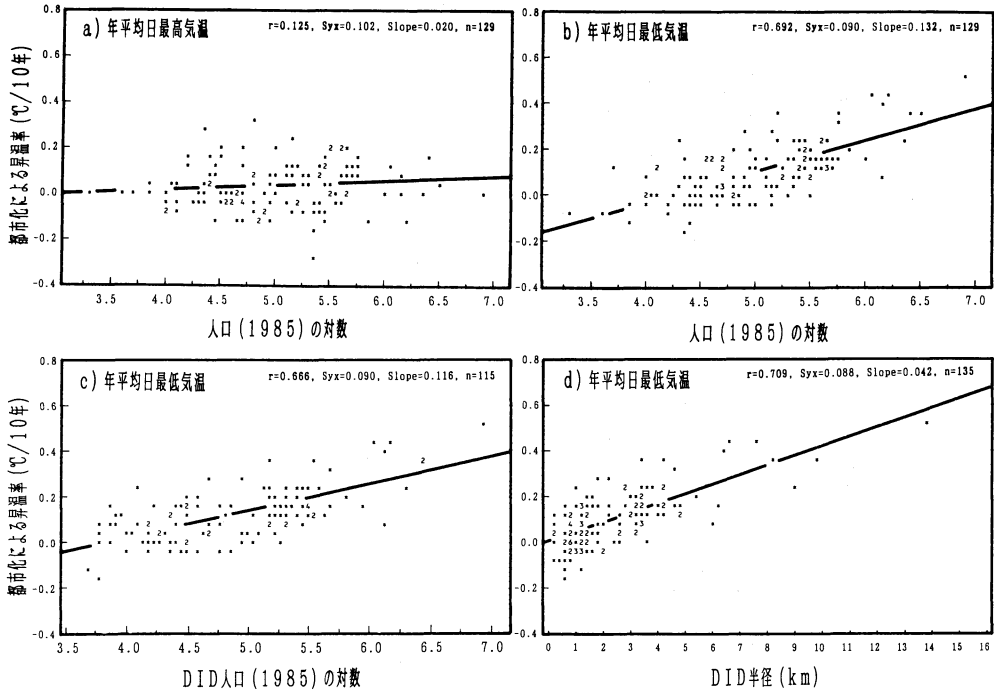
いま、都市化による気温への影響の度合いが都市規模に左右され、都市規模は人口で代表させると仮定する。そして、都市規模を人口やDID人口の対数またはDID半径で表現し、補正後の気温変化の傾き(都市化による昇温率)との関係を調べると、都市化の影響は日最低気温(年・季節平均)にはあるものの(第7図, 第8図)。日最高気温にはほとんど見られない(第7a図)。これは、東京・大阪等の大都市(加藤・森, 1971), 鹿児島(田代, 1988), 釧路(志田・北田, 1989)での

指摘や第2図の内容とも一致する。また、夏平均日最高気温を見ても(図省略)、大都市ほど夏が年々暑くなるといった米国の大都市で指摘された傾向(Landsberg, 1981)は見られない。

このように、人口やDID人口の対数、あるいはDID半径と都市化による昇温率との間に強い正の相関が見られるのは日最低気温であるが、そのうち冬平均の日最低気温を中心に、人口(またはDID人口)と都市化による昇温率との関係で、人口30万付近に不連続が見られる(第8a図)。すなわち人口規模30万を越えるあたりから都市化による昇温の度合いが増大し、中小都市と大都市との温度差が大きく開く傾向にある。この傾向は東京を除外して再計算してもあまり変わらない(第2表)。

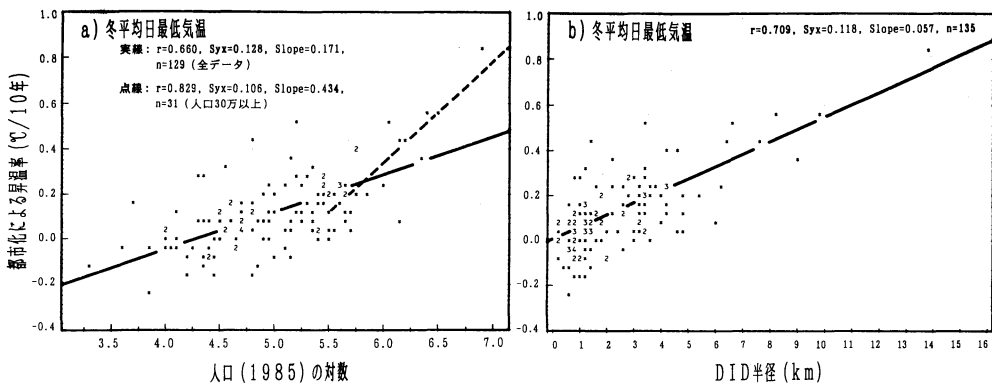
このデータは冬の日最低気温であるから、人口と最大ヒートアイランド強度との関係ですでに指摘されている人口30万付近の不連続(Fukuoka, 1983; 朴, 1987)とは同じことを意味するものと思われる。しかし、この不連続は横軸にDID半径を用いると現れない(第8b図)。

#### 4.3 都市化による気温変化と都市における官署の



第7図 都市化による昇温率と都市規模との関係。

- a) 年平均日最高気温における都市化による昇温率と1985年人口 (対数)
- b) 年平均日最低気温における都市化による昇温率と1985年人口 (対数)
- c) 年平均日最低気温における都市化による昇温率と1985年 DID 人口 (対数)
- d) 年平均日最低気温における都市化による昇温率と1985年 DID 半径 (km)



第8図 冬平均日最低気温における都市化による昇温率と都市規模との関係。

- a) 都市化による昇温率と1985年人口 (対数)
- b) 都市化による昇温率と1985年 DID 半径 (km)

位置

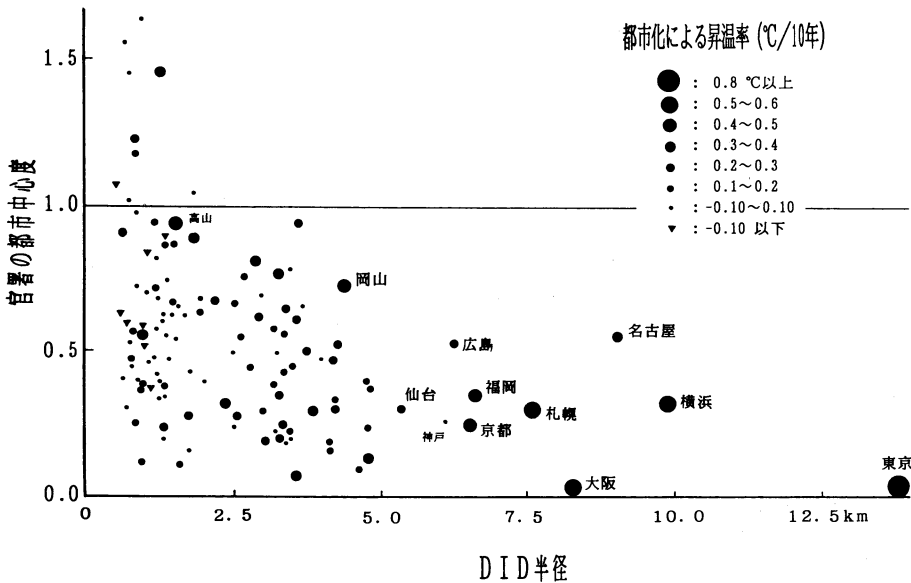
都市や都市化の影響は都市中心部に近いほど強くなると思われるので、都市における官署の位置と都市化

による昇温率との関係を吟味する。いま官署の位置を、DID 半径を単位として測った、都市中心から官署までの距離として表現し (これを「官署の都市中心度」と

第2表 冬平均日最低気温に見られる都市化による昇温率 (y) と都市規模 (x) との関係における人口30万付近の不連続

	人口30万以上		
	人口30万未満 (n=98)	東京含む (n=31)	東京除く (n=30)
y = 日最低気温 (冬平均)	r=0.479	r=0.829	r=0.740
x = 人口対数	Slope=0.136 **	Slope=0.434 **	Slope=0.379 **
y = 日最低気温 (冬平均)	r=0.419	r=0.811	r=0.706
x = DID 人口対数	Slope=0.104 **	Slope=0.405 **	Slope=0.342 **
y = 日最低気温 (年平均)	r=0.513	r=0.725	r=0.639
x = 人口対数	Slope=0.107 **	Slope=0.253 **	Slope=0.243 **
y = 日最低気温 (年平均)	r=0.457	r=0.654	r=0.528
x = DID 人口対数	Slope=0.085 **	Slope=0.199 **	Slope=0.174 *

(\* : 危険率5%で有意, \*\* : 1%で有意)

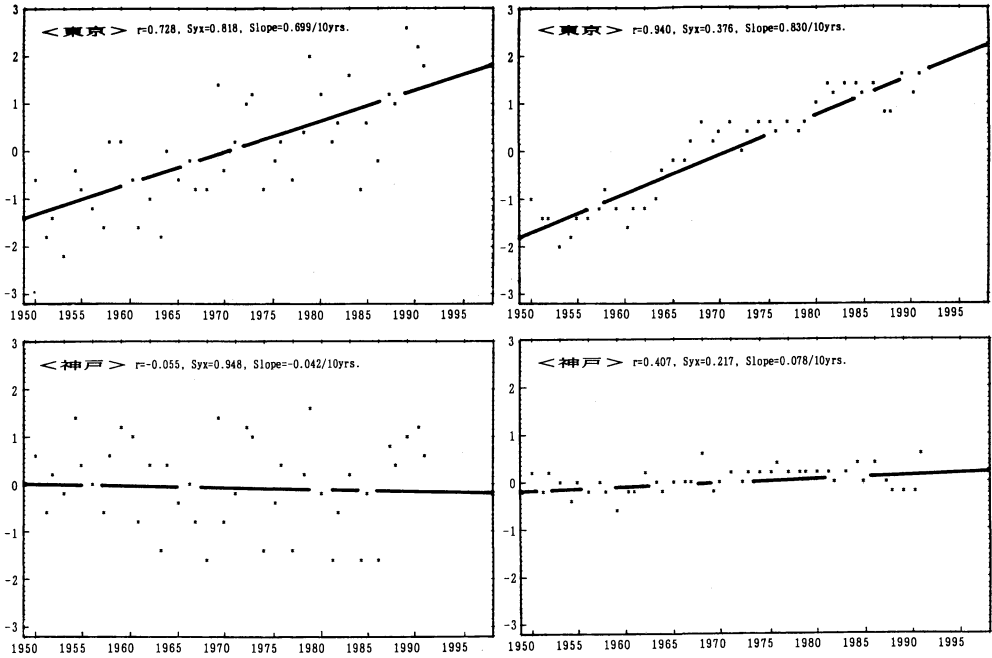


第9図 冬平均日最低気温における都市化による昇温率と官署の都市中心度との関係 (都市中心度=都市中心から官署までの距離/DID半径).

注: DID 指定の無い官署所在地でも, 人口と DID 半径との強い相関関係 (r=0.98) から出来る限り DID 半径を推定したが, 算出不可能な官署が14地点あった.

すると, 0.0=DIDの中心, 1.0=DIDの縁), これを都市化による昇温率との関係として表現したのが第9図である. ほとんどの官署が縦軸のスケールで1.0以下にあると言うことは, 日本の官署のほとんどがDIDの中に深く入り込んで立地していることを意味する.

しかし, この図からは官署の都市中心度によって都市化の影響の大小は議論できそうにない. その理由は, 1) 都市中心度の異なる官署が広く人口階級やDID半径全体にわたって分布しておらず, 大都市の官署ほど都市中心度が高い傾向にある, 2) 実際にはDIDの



第10図 冬平均日最低気温における都市化の影響の抽出 (1950~1991).  
 左側：冬平均日最低気温の永年変化,  
 右側：都市化の影響の無い官署群平均からの差.

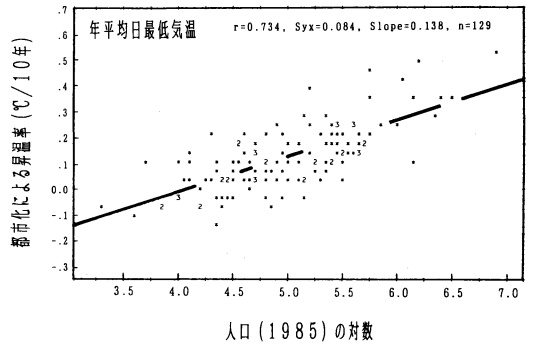
形態が不規則なのに、それを円として表現した、3) 人口や DID で示す都市規模だけでは都市形態・機能などを十分考慮できない、4) ヒートアイランドの形成そのものが決してきれいな同心円やドーム型ではない、などによるものと思われる。後者の3点は第7図、第8図の標準誤差の大きさの原因にもなっているものと思われる。

5. あとがき

日本の気象官署における気温の累年値に局地的な都市化の影響がどの程度入り込んでいるかを日最高・最低気温を用いて吟味した。日最低気温については、冬を中心に都市化の影響が著しいことが分かった。また、官署の都市規模(人口)が大きくなるにつれて、都市化による昇温率も高くなった。一方、日最高気温には都市化の影響はほとんど見られなかった。

東京では冬平均日最低気温に与える都市化の影響が1950年代以降0.857°C/10年に、また、同様に年平均日最低気温では0.523°C/10年に達し、いずれも日本の気象官署所在都市の中で最大である。

各官署で平均気温に与える都市化の影響は、日最低



第11図 年平均日最低気温 (1950~1991) における都市化による昇温率と1985年 DID 人口(対数)との関係.

気温に与える影響の半分ほどになるものと思われ、全国平均の気温に与える都市化の影響はさらに小さくなると考えられるが、Karl and Jones (1989)が指摘するように、温室効果気体による温暖化の予測のためにも世界的規模で正確にその値を見積っておくことが要求される。

なお、1989年以降気温の上昇が著しいが、その期間

を含めた場合、上に示した都市化の影響に違いが現れるかどうかを見るため、1950～1991までのデータを用いて再計算した。第10図には、第6図と同じ方法で求めた東京と神戸の冬平均日最低気温（左図）と補正後の都市化の影響（右図）を示す。また、第11図には、第7b図と同様に、都市化による昇温率（年平均日最低気温）を1985年人口（対数）との関係で示す。

最近の温暖年を加えることによって、各官署の都市化による昇温傾向に不連続が現れたり、全官署によって示される一般傾向に大きな違いが生じることは無かった。

### 参考文献

- 荒川秀俊, 1938: 日本各地における最高気温最低気温の逐年変化, 気象集誌, 16, 379-380.
- 荒川秀俊・片桐勝男・常岡好枝・貝山久子・吉見則子, 1970: 日本の大都市における気温と湿度の経年変化, 天気, 17, 239-241.
- Cayan, D. R. and A. V. Douglas, 1984: Urban Influences on Surface Temperatures in the Southwestern United States during Recent Decades. *J. Climate Appl. Meteor.*, 23, 1520-1530.
- Changnon, S. A., 1992: Inadvertent Weather Modification in Urban Areas: Lessons for Global Climate Change, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 73, 619-627.
- Chiang, S. H., K. F. A. Lo and M. H. Young, 1991: Accounting for the Temperature Rise in Taiwan, *Int. Conf. on Climatic Impacts on the Environment and Society*, Tsukuba. (Mimeo.)
- 福井英一郎, 1968: 日本における最近の気温上昇, 地理学評論, 41, 477-490.
- Fukuoka, Y., 1983: Physical Climatological Discussion on Causal Factors of Urban Temperature, *Mem. Fac. Integr. Arts Sci., Hiroshima Univ.*, 8, 157-178.
- Karl, T. R. and P. D. Jones, 1989: Urban Bias in Area-Averaged Surface Air Temperature Trends, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 70, 265-270.
- 加藤久雄・森幾也, 1971: 大都市における気温上昇について, 天気, 18, 597-601.
- 栢原辰吉, 1987: 北太平洋を中心とした最近の冬季の冷化について, 天気, 34, 777-781.
- 気象庁, 1990: 地上気象観測統計指針, 日本気象協会, 152pp.
- 気象庁(編), 1990: 温室効果気体の増加に伴う気候変化(II), 大蔵省印刷局, 231pp.
- Kukla, G., J. Gavin and T. R. Karl, 1986: Urban Warming, *J. Climate Appl. Meteor.*, 23, 1265-1270.
- Landsberg, H. E., 1981: *The Urban Climate*, Academic Press, 285pp.
- 三上岳彦, 1975: 主成分分析による日本の夏季気温分布型の表現とその動気候学的考察, 地理学評論, 48, 784-797.
- 三上岳彦, 1979: 東京およびその周辺域における気温変動の時間的・空間的構造, 東京大学教養学部人文科学科紀要, 69, 30-49.
- 村上伸一, 1989: 埼玉県秩父盆地を中心とする関東平野西部での冬型気圧配置下の地上風系について, 国士舘大学文学部地理学専攻卒業論文, 69pp.
- 根山芳晴, 1982: 瀬戸内の海陸風について, 天気, 29, 653-668.
- 野口泰生, 1991: 日本の気象官署における気温の永年変化と都市化の影響について, 日本地理学会予稿集, 39, 122-123.
- 野口泰生, 1992: 日本の気象官署における気温の永年変化と都市化の影響について(続報), 日本地理学会予稿集, 41, 90-91.
- 小元敬男・鯉谷憲, 1979: 気象官署のデータからの都市気候効果の消去の試み, 農業気象, 35, 93-96.
- 小元敬男・鯉谷憲, 1980: 気象官署のデータからの都市気候効果の消去の試み(2), 農業気象, 36, 203-206.
- 朴 恵淑, 1987: 日本と韓国の諸都市における都市規模とヒートアイランド強度, 地理学評論, 60, 238-250.
- Schneider, S. H., 1990: *The Global Warming Debate Heats up: An Analysis and Perspective*, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 72, 21-28.
- 志田昌之・北田繁樹, 1989: 釧路の経年変化からみた気候特性, 研究時報41巻別冊, 18-19.
- 田代誠司, 1988: 鹿児島における都市化の気温にあたる影響, 研究時報40巻別冊, 194-195.
- Wood, F. B., 1990: *Monitoring Global Climate Change: The Case of Greenhouse Warming*, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 71, 42-52.
- Yamamoto, R., T. Iwashima and N. K. Sanga, 1985: *Climatic Jump: A Hypothesis in Climate Diagnosis*, *J. Meteor. Soc. Japan*, 63, 1157-1160.