

気象官署所在都市の温暖化と気温の 永年変化における最暖・最寒値

野 口 泰 生

要旨

地球の温暖化を裏付ける気温の観測資料に都市化の影響が含まれていることが問題となっている。日本の全官署資料を用いて、都市化が冬・夏・年平均の日最高・最低気温に与える影響をバックグラウンドの気温変化からの差として表現し、季節・都市規模・地域・日最高／最低気温による違いを考察した。野口（1994）では冬平均日最低気温を中心に議論したが、ここでは冬・夏・年平均の日最高・最低気温全体にわたってそれぞれの特徴を吟味した。また、大都市における日最低気温の上昇率に関する朴ら（1994）による野口（1994）の引用の曖昧さについて注意を促した。気温の永年変化における臨海官署と内陸官署との違いの有無についても言及した。最後に、都市化の影響の少ない6官署を厳選し、その平均として日本における1900～1993年の最寒・最暖値を月・季節・年・2～10年移動平均別にそれぞれ上位5位まで示した。

1. はじめに

都市域で観測される気温の特徴は、夜間の冷却が郊外に比べて妨げられることによるヒートアイランド現象と、都市の発達（都市化）に伴ってヒートアイランド現象そのものが年々拡大・強化されることによる温暖化現象という、空間的・時間的広がりをもった2種類の人為的影響を受けていることである。

155地点に及ぶ日本の気象官署は、今日、その8割が国土面積の3％に過ぎない都市の人口集中地区（D I D地区）に立地し（野口 1994, p.123）、そこで観測される気温データは、これらの人為的影響を含んだ都市特有の局地的な熱的環境を代表しているものと考えられる。

世界的に入手できる気温の永年観測資料も都市での観測によるものが多く（Moffitt 1972, p.121）、都市及び都市化が気温に与えるノイズは世界的な問題である。米国では1940年代から1950年代にかけて、ほとんどの気象官署が、都市化の影響を避けて都心から郊外の空港所在地に移転したが、その結果、永年の気温データに切断（移転による気温低下）が生じてしまった（Foster and Leffler 1981, p.105）。

今日さかんに議論される温室効果ガスによる地球の温暖化問題（松野 1989, 重原 1991）も、モデルの結果と比較すべき観測データ側の信頼性が問題とされ

一
二
三

る（山元 1990）。このような理由から、都市化による温暖化成分を世界的に見積る努力がされてきた（Kukla et al. 1986 ; Karl and Jones 1989）。これまでの研究では都市化の影響はそれほど大きくないと見積られているが、都市化による温暖化（昇温率）は個々の都市が持つ形態や立地条件によるばらつきが大きく、これらの値と対応する変数（例えば都市人口など）の決定や、高緯度で大きいと指摘される都市化成分（Karl and Jones 1989, p. 269）の地理的分布を規定する条件の発見など、一般化への努力が必要である。

気温に与える都市化の影響という場合、問題となる気温は一般に日平均気温や月平均気温であるが、それらの気温の基となる、もっと細かい時間スケールの日最高・最低気温に含まれる都市化成分を考察しておく必要がある。野口（1991, 1992, 1994）のこれまでの報告はそのような意図で行われてきたが、紙面の都合で十分議論を尽くせなかったところがある。また、最近では、日最高・最低気温の世界的な上昇傾向と雲量との関係が議論され（Karl, T. R. et al. 1987 ; Karl et al. 1993）、都市化による影響について検討することの重要性が見直されるべき時に来ている。そこで、本論では再計算結果に基づきこれまで行なった報告を補足し、日最高・最低気温に含まれる都市化による気温上昇成分の議論の基礎としたい。

また、朴ら（1994, p. 565）は、野口（1994, p. 126）を引用して、「ほとんどの都市で、冬季の日最低気温の上昇率が顕著にみえるが、とくに、人口100万以上の大都市では、夏季の日最低気温の上昇率が冬季より大きいことを（野口が）指摘した」と述べた。しかし、この引用は、図に示された外見上の値だけから判断したもので、原論文の主旨を誤解させかねない曖昧さを含んでいる。そこで、この点についても説明をつけ加えて、注意を促したい。

2. 気温資料と永年変化

2.1 気温資料

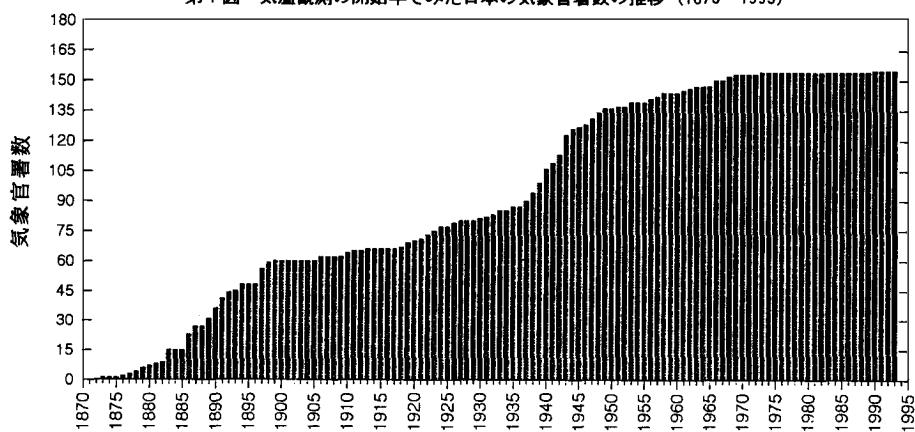
ここで扱う気象資料は、前報告（野口 1994）で使用したのと同じ気象庁の要素別月別累年値ファイルである。この累年値ファイルには、全国155の気象官署における46種類の気象要素の月別値が観測開始から入力されているが、今回用いた要素は、月平均気温と日最高・最低気温の月・年平均値である。気温に与える都市化の影響の抽出には、前報告と調査期間の統一性が保てるよう、観測開始から1988年までのファイルを用い、また永年の累年値を表示するためには現調査時点で得られる最新のファイル（観測開始～1993年）を使用した。

2.2 累年統計の切断と都市化の影響

気温の観測は1873年に函館で始まった（注1）が、その後、気象官署は相次いで、東京（1876）、札幌（1877）、長崎（1878）に開設され、1800年代に気温観測を開始した官署は60カ所に上る。第1図を見ると、1940年前後に軍事的必要性を

注1：日最高・最低気温の最長記録も函館であるが、観測開始年は1875年である。

第1図 気温観測の開始年でみた日本の気象官署数の推移 (1873~1993)



きっかけにこれらの官署数が急増したことが分かる。1993年までに100年以上の気温資料を持つ気象官署は48カ所存在する（付表1）。

しかし、日本の気象官署における永年気温資料の取扱いには二つの点で注意が必要である。一つは、気象官署の移転や観測方法の変更による統計的切断（気象庁 1990, pp.123-135）であり、もう一つは、前述のように、官署が都市に立地しているために受ける都市化の影響である。例えば最も古い函館の気温データの場合、合計5回（1873/74, 1880/81, 1913/14, 1914/15, 1940/41）の切断があり、累年統計のできる気温データは1941年以降でしかない。また、二番目に古い東京の気温データには切断は無い（1962年の移転は切断と断定されていない）ものの、都市化の影響による温暖化は全官署中最大である（野口 1994, p.134）。参考のために、日本全国の気象官署における気温の観測開始年と累年統計可能期間の初年を付表1に示す。

第2図には、上記の2官署における観測開始以来の気温の累年変化を全期間平均からの偏差で示す。函館の場合、冬・夏・年平均気温の累年変化と切断年を、また東京の場合、都市化の影響が最も著しい冬平均日最低気温とあわせて、夏平均日最高気温、年平均気温の累年変化を示す。都市化の影響の無い官署が示すバックグラウンドの冬平均日最低気温（1950~1988）が低下してきただけに（野口 1994, p.128）、それと比較した東京の冬の日最低気温の上昇がいかに大きいかが理解できる。このことから、都市化の影響（都市化による気温上昇成分）とは、単に気温累年値に見られる上昇率ではなく、上昇または低下傾向を示すバックグラウンドの気温変化に対する相対的な変化率として表現しなければならないことが分かる。

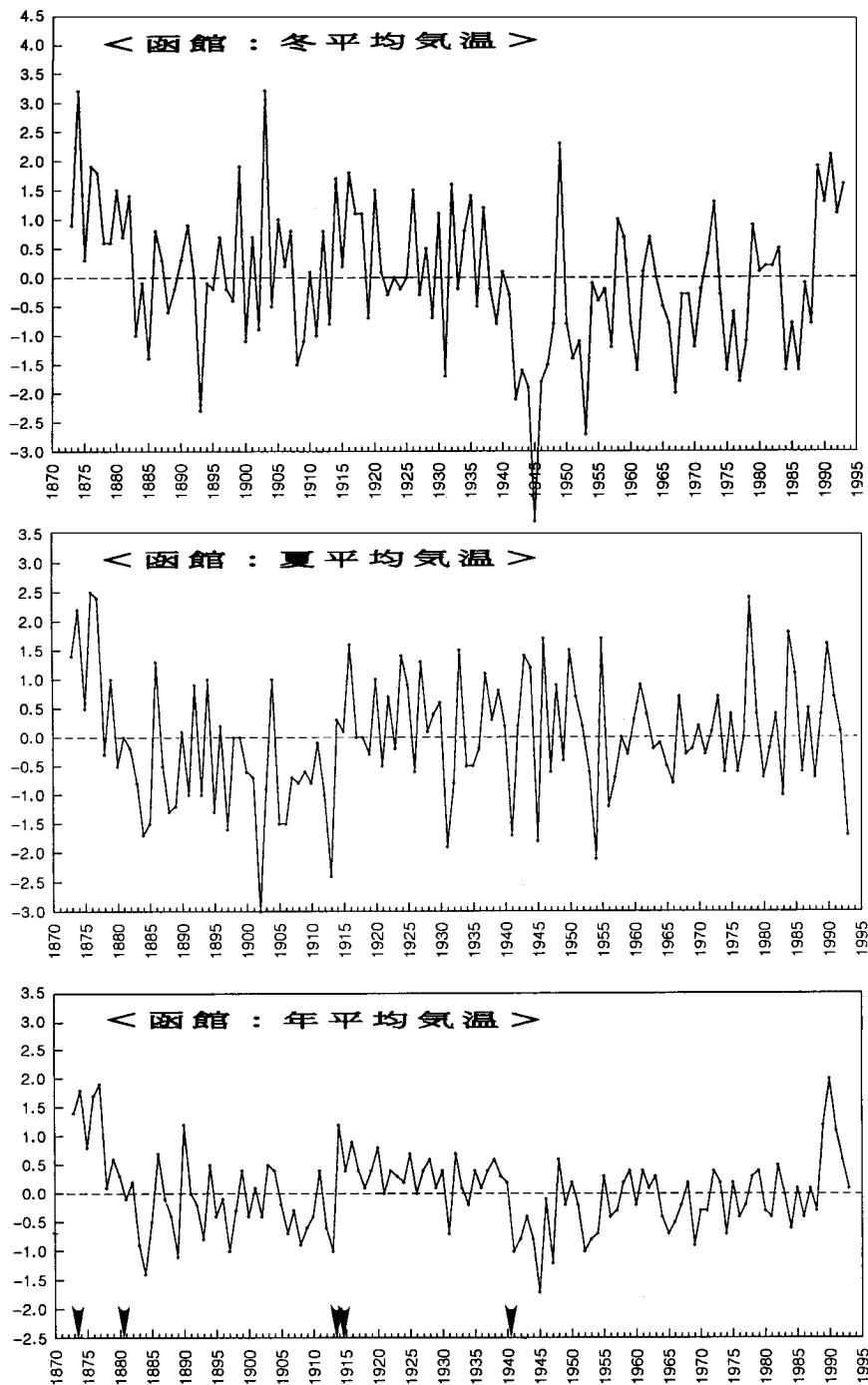
2.3 人口階級別月平均気温の永年変化

前回の報告では、気温の永年変化から都市化の影響を官署ごとに抽出する作業に先立って、全国の官署を官署所在都市の人口で階級区分し、各階級ごとに日最高・最低気温の累年変化率（1950~1988の回帰直線の傾き）を季節ごとに求めて

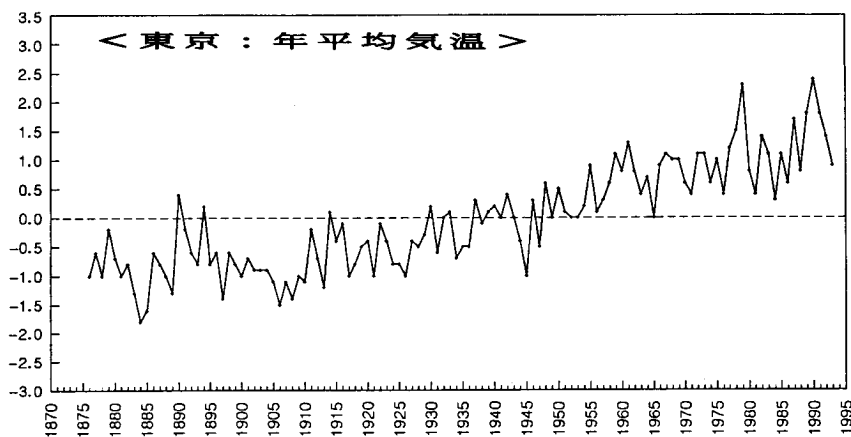
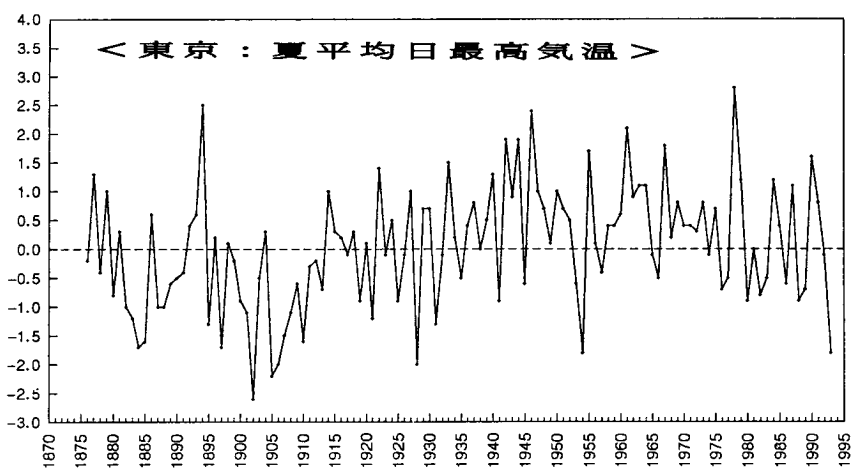
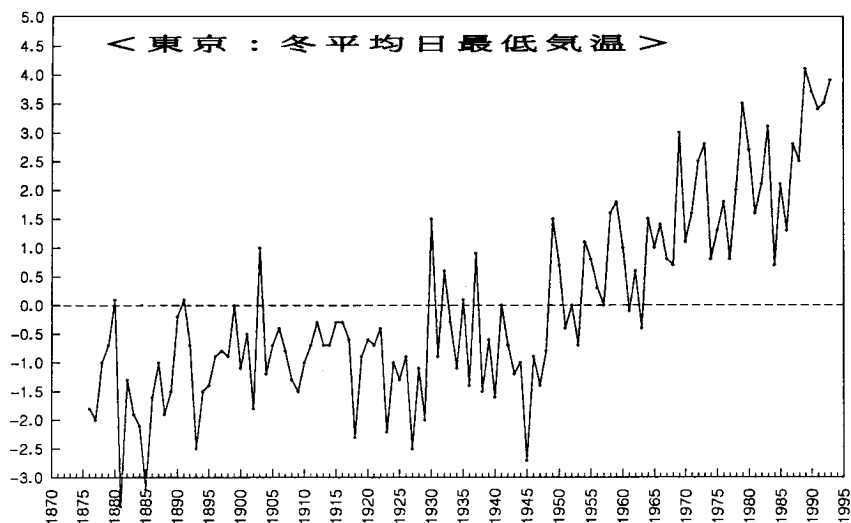
第2図 日本の最長記録官署における気温の永年変化
 函館：冬・夏・年平均気温（1873～1993）
 東京：冬平均日最低気温，夏平均日最高気温，年平均気温（1876～1993）

注）縦軸は全期間平均からの偏差（単位：℃）。函館の↓は切断カ所を示す。冬平均は該当年の1，2月と前年の12月の平均。

(℃)

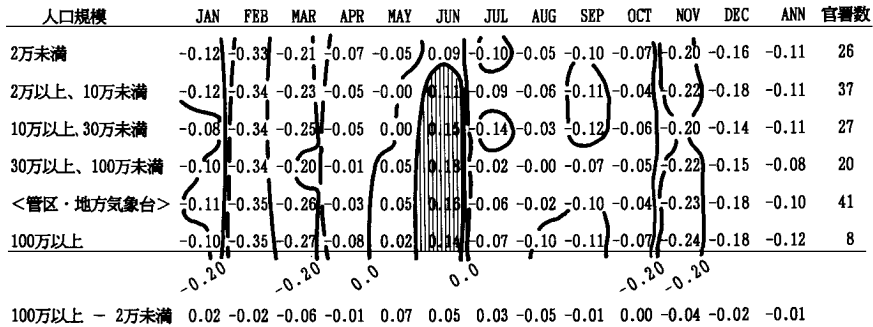


(°C) 第2図 (続き)

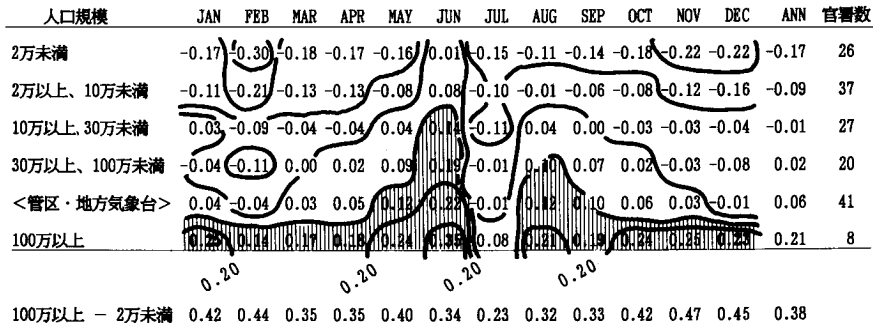


第3図 官署所在都市の人口規模別にみた月平均日最高・最低気温の変化率
(1950～1988) (単位: °C/10年)

< 日最高気温 >



< 日最低気温 >



注) 統計的切断のある官署は除く。比較のために、管区・地方気象台(切断のない41官署平均、平均人口74万人)を入れた。管区・地方気象台のうち、北海道と沖縄は札幌・那覇のみを使用。影をつけた部分は気温変化率+0.10°C/10年以上を示す。

示した(野口 1994, p. 126)。この変化率はバックグラウンドの気温変化に都市化の成分が加ったものであるが、これによれば、日最低気温については人口規模が大きくなるにつれて傾きが著しく上向く(昇温する)ことが明かである。一方、日最高気温についてはそのような一般的傾向は見られない。

図の数値をそのまま読めば、人口100万以上の大都市では、冬よりも夏平均の日最低気温の上昇率が大きい。しかし、都市化成分による気温の上昇率という場合、バックグラウンドの気温変化を差し引いて見なければならぬ。そこで、いま、都市化の影響のほとんど無い人口2万未満の官署群平均変化率(冬を中心に著しい低下を示している)をバックグラウンドの気温変化と見なすと、実際には冬の大都市の方が都市化による上昇率が大きいことが分かる。朴ら(1994)による前述の指摘は、冬の大都市がバックグラウンドの著しい気温低下(1950～1988)を相殺して、なお温暖化しているという事実を覆い隠してしまっているという点で問題である。

日最低気温における都市化の影響が夏よりも冬に大きい事実を、今回は月別に求めた人口階級別日最高・最低気温の永年変化率（1950～1988）によって示す（第3図）。この図によれば、次のような特徴が明かである。

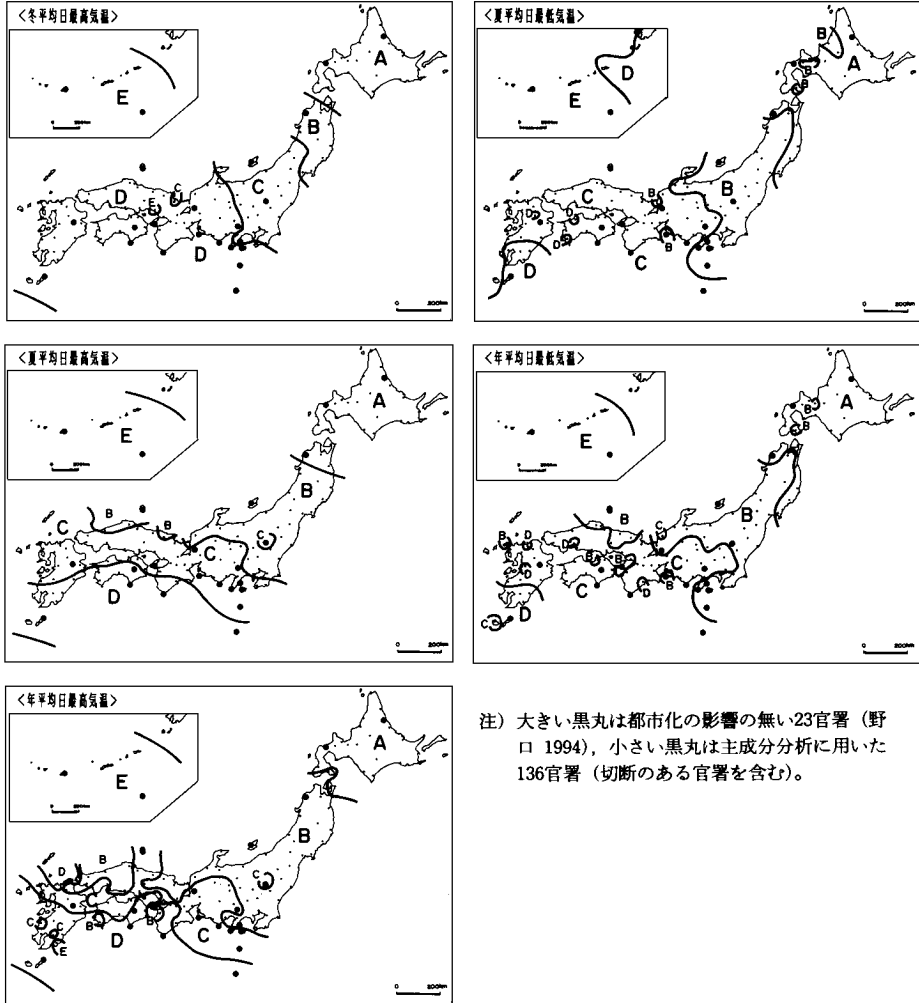
- 1) 日最高気温では等値線が縦に走り、人口規模の増大による温暖化傾向がまったく見られない（人口100万以上と2万未満の変化率の差がどの月もほとんど同じで、ゼロに近い）。このことは、日最高気温には系統的な都市化の影響が見られないことを予想させる。
- 2) 日最低気温では等値線が横に走り、人口規模の増大に伴って温暖化傾向が著しい。このことは、日最低気温には都市化による温暖化の影響があることを予想させる。
- 3) 日最高・最低気温ともに次の3点が顕著である：
 - a) 人口規模の小さい官署に見られる年間を通した低温化傾向、
 - b) 特に、11月から3月にかけての寒候季の目立った低温化傾向、とりわけ、2月の著しい低温化傾向、
 - c) 全般的な低温化傾向とは異なった、6月のやや特異な温暖化傾向。
- 4) 人口100万以上と2万未満の変化率の差から推定される、大都市の都市化による昇温率は10～2月（すなわち寒候季＝冬）に大きい。

3. 調査方法

第3図の日最低気温に明瞭に見られる大都市の温暖化傾向と、これが人口規模の増大に伴って強化される主な原因は都市化による影響であると思われる。この都市化の影響を官署ごとに抽出する方法は、野口（1994）で詳しく説明した通りであるが、ここにその概要を述べると、1) 全国の官署の冬・夏・年平均日最高・最低気温（1950～1988）を用いて主成分分析を行い、第1・第2成分因子負荷量を用いて各季節の日最高・最低気温別に日本を5つの地域に区分する。2) 全国の官署の中から、都市化の影響を受けていない官署を一定の条件で抽出し、地域ごとに平均累年値を求める。3) 各地域ごとに、都市化の影響の無い官署群平均からの差として日最高・最低気温の累年変化を表現し、回帰直線の傾きとして都市化の影響を表現する。

前回の調査では、「都市化の影響の無い官署数を1地域に最低2官署選び、その平均を取ってバックグラウンドの累年変化とする」という方法を取った。その結果、区分された地域数が4～5地域となった。しかし、地域によっては都市化の影響の無い官署の地域代表性が小さく、北日本を中心に地域をさらに細分化した方がよいと思われる場合もあった。そこで今回の再計算では、日最高・最低気温の冬・夏・年平均のすべてで、日本を決まった数の地域（5地域）に区分した。その結果、地域によっては都市化の影響の無い官署数が1官署という場合もまれに発生した。第4図に示すように、冬・夏・年平均ごとに多少異なった地域の線引きが行なわれた。冬平均日最低気温については、野口（1994, p.128）に図示

第4図 主成分分析の第1・第2成分因子負荷量による地域区分



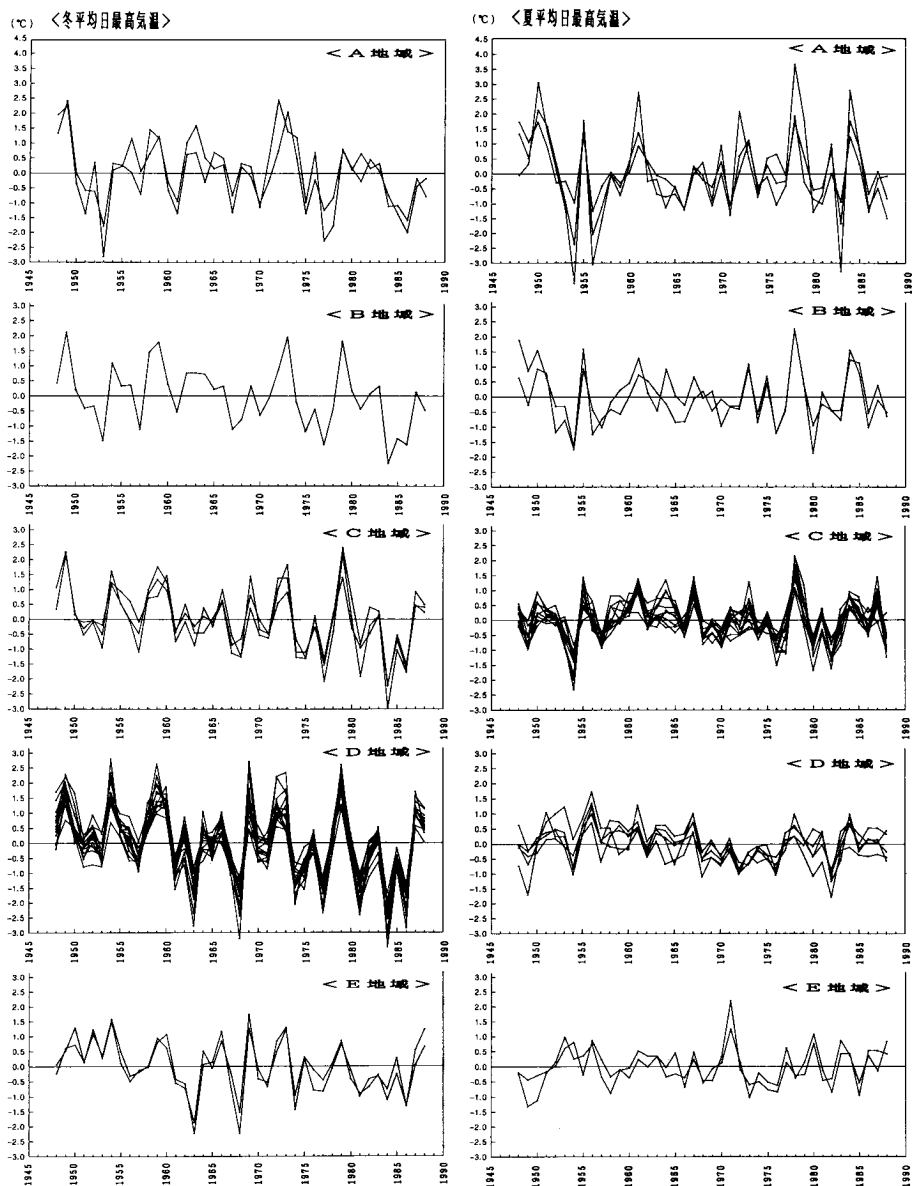
注) 大きい黒丸は都市化の影響の無い23官署(野口 1994), 小さい黒丸は主成分分析に用いた136官署(切断のある官署を含む)。

したので、第4図では省略した。

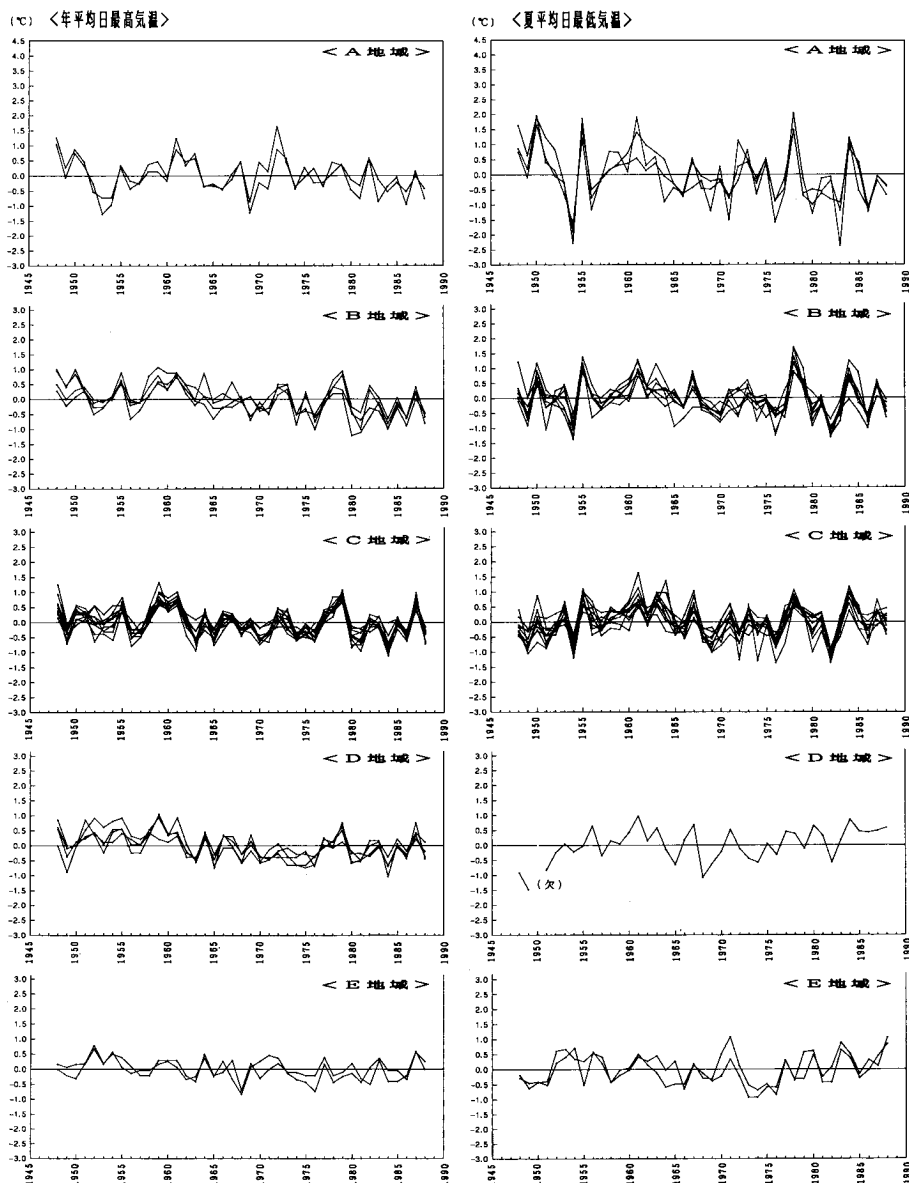
4. 日最高・最低気温における都市化の影響の抽出

冬・夏・年平均の日最高・最低気温ごとに、区分された5地域のそれぞれで、都市化の影響の無い官署の永年変化を示すと第5図の通りである。第5図に示す各地域で平均累年値を求め、これを、各地域を代表する都市化の影響の無いバックグラウンドの気温変化とする。地域ごとに、各官署の気温累年変化からこのバックグラウンドの平均累年変化を差し引くと、残差として都市化の影響によると思われる局地的な系統的变化が現れる。日最低気温の冬平均については、日本全国の主要都市の事例をすでに示した(野口 1994, pp.129-131)ので、ここではそれ以外の都市で、人口100万以上の横浜を例に日最高・最低気温の冬・夏・年

第5図 都市化の影響の無い官署群における日最高・最低気温（冬・夏・年平均）
の地域別永年変化
注）冬平均日最低気温は野口（1994）に示したので除外した。



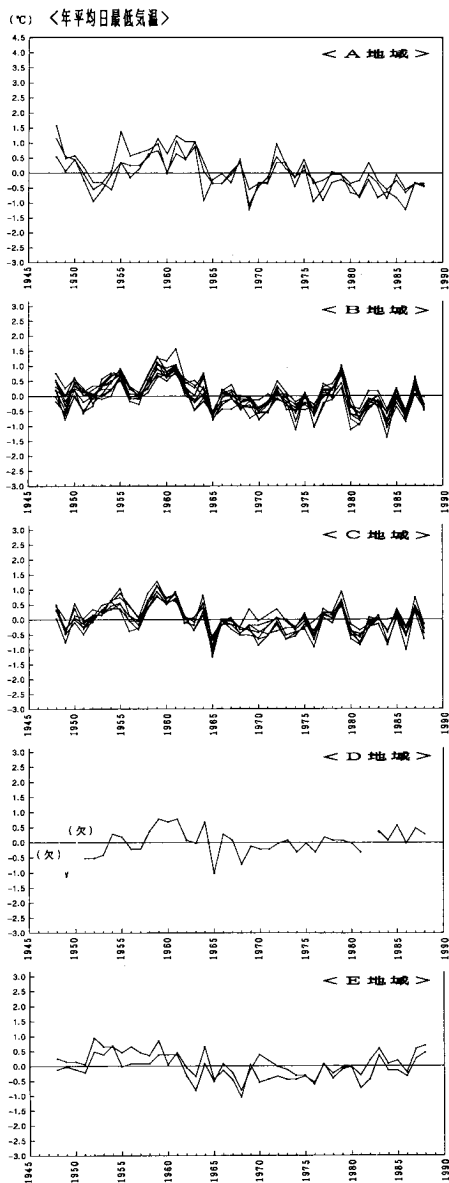
第5図(続き)



平均の事例を示す(第6図)。

日最高気温については、左側の生の累年変化が冬・夏・年平均ともに右下がりの低下傾向を示し、バックグラウンドの気温変化に似ている。都市化の影響の無い官署平均からの差をとった右側の図はほとんど傾きがゼロで、夏平均日最高気温だけは後述するようにマイナスの成分が残っている。日最低気温については、冬・夏・年平均ともに右側の都市化成分が右上がりの傾向を示し、特に冬には都

第5図(続き)



夏の日最高気温における都市化による昇温率が日最低気温のそれよりも大きく、この傾向が年平均にまで顕著に現れている官署が九州を中心に見られる(日田、牛深、枕崎など)が、これは中辻(1993)が大分の永年変化(1888~1991)におけるトレンドについて述べた「都市化の影響は最低気温に最も出やすいと言われるが、大分市の場合、最高気温のトレンドよりも小さかった」という指摘と合致する。このような傾向は今回用いた1950~1988のデータでも当てはまり、九州地

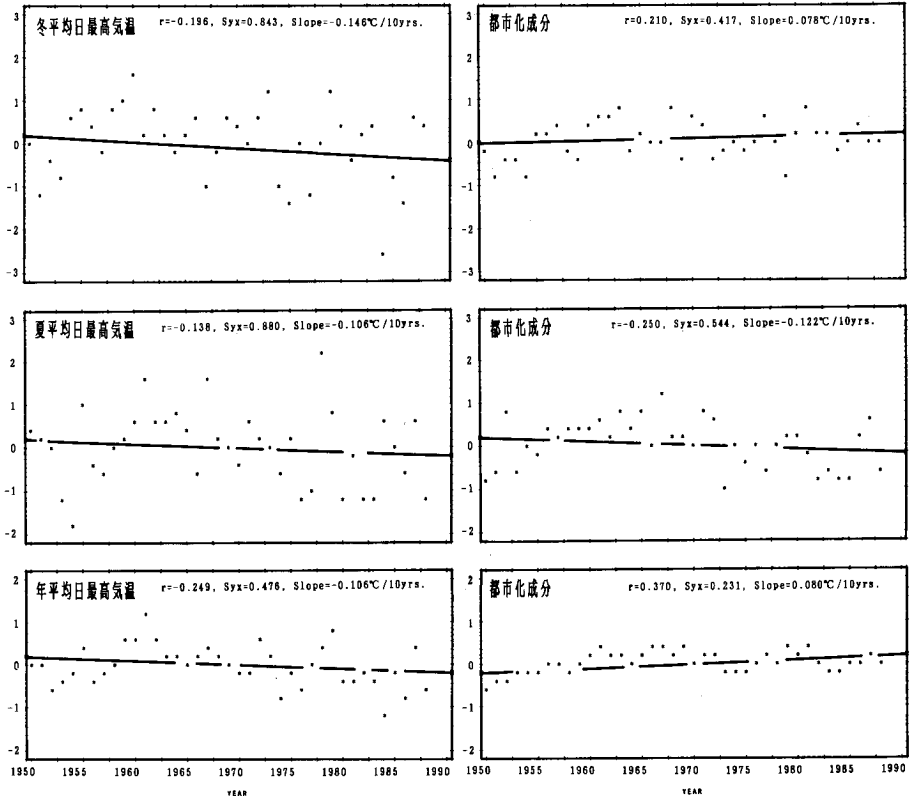
市化の影響が著しいことが分かる。

すべての官署について同じ作業を実施し、都市化の影響を回帰直線の傾きとして付表1に示した。これらの傾き(都市化による昇温率)と都市規模(人口)との関係を日最高・最低気温の冬・夏・年平均のそれぞれについて示すと第7図のようになる。都市規模の指標として市町村人口の代わりに都市のD I D人口を使うと、D I D指定の無い地点が複数あるためにサンプル数が減少し、相関もやや悪くなった。今回の再計算ではD I D指定の無い地点について、町村人口からD I D人口をあえて推定することはしなかった。

日最高気温における都市化の影響と都市規模との関係については、冬・夏・年平均共に有意な相関は見られず、特に夏を中心に都市化による影響(昇温率)のばらつきが目立った。夏の西日本(特に南九州)では、バックグラウンドの変化に対して顕著な温暖化を示す官署が多く、日田で $+0.40^{\circ}\text{C}/10$ 年を超え、鹿児島、枕崎、牛深でも $+0.30^{\circ}\text{C}/10$ 年を超え、他の官署でも $+20^{\circ}\text{C}/10$ 年を上回るころが多い(付表1)。また、鳥取も $+42^{\circ}\text{C}/10$ 年の値を示すが、ここでは1977/78に切断がある。

第6図 横浜の日最高・最低気温（冬・夏・年平均）における都市化の影響の抽出

注）左側：生データの永年変化，右側：都市化の影響の抽出，すなわち都市化の影響の無い官署群平均からの差の永年変化

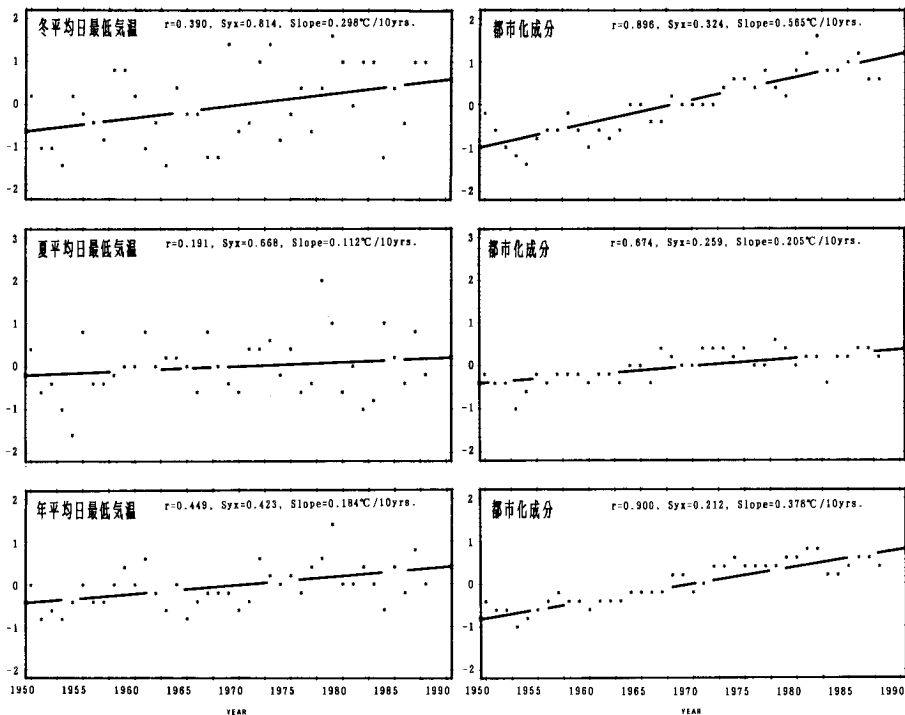


方を中心に広く見られる現象と言える。

一方、東北地方の太平洋側を中心に、夏の日最高気温の低温化が著しい（宮古、仙台、石巻、福島、小名浜で $-0.30 \sim -0.20^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ ）。この太平洋側の低温化傾向は水戸（ $-0.14^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ ）や銚子（ $-0.21^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ ），さらには東京（ $-0.11^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ ）や横浜（ $-0.12^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ ）にまで及んでいる。また、呉の $-0.48^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ （1956/57に切断あり）は隣接官署の広島（ $+0.16^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ ）や周辺の官署と比べても理解しがたい値である。

日最低気温では、冬・夏・年平均共に都市化による昇温率と都市規模との間に危険率1%の有意な相関が見られ、都市化の影響が冬の大都市ほど激しいことが分かる。特に大きな昇温率を示す官署は、冬の札幌・帯広・東京・横浜・京都・大阪・福岡で、 $+0.45^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ を超える。その中でも東京は前回（野口 1994, p. 134）報告した通り、冬平均の昇温率で $+0.86^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ ，年平均で $+0.49^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ （日本を4地域に区分した前回の計算では、年平均で $+0.52^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ ）で、全官署中最高である。また、岡山など、都市化の影響が高く出る官署に切断の影響

第6図 (続き)



がかかわっている場合があるので注意を要する。

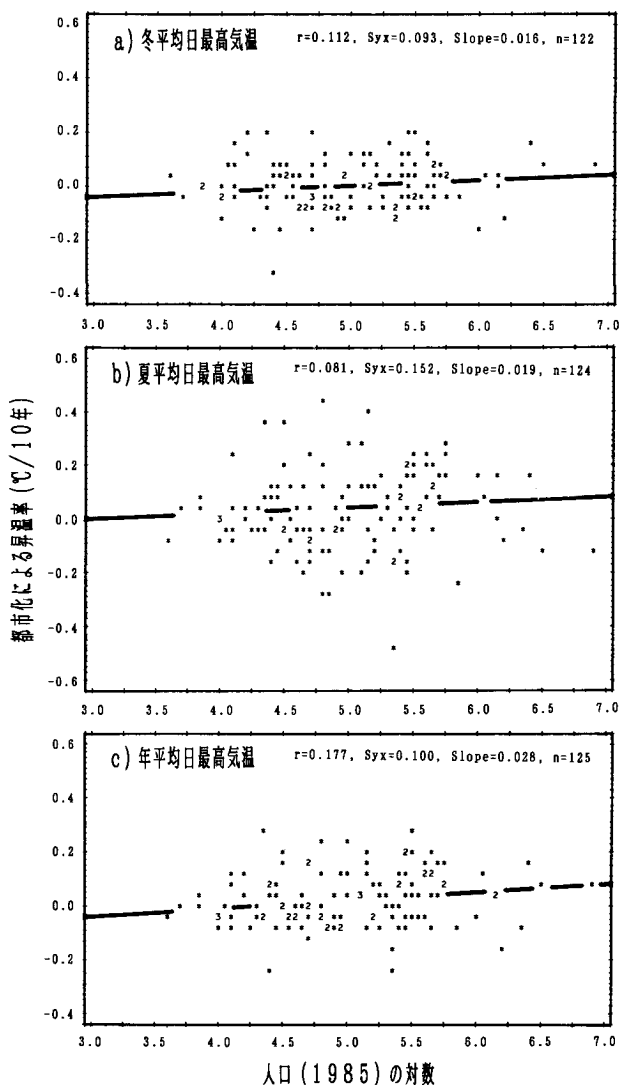
5. 気温の永年変化に与える海の影響

時間と共に気温を上昇させる系統的かつ局地的ノイズとしては、都市化による影響が最も深刻な問題であると考えられるが、日本のように周囲を海に囲まれ、海岸、半島、島嶼に立地する官署が多いところでは、個々の官署で気温の永年変化に与える海や海流、あるいは海陸風の影響について吟味する必要がある。

一般的には、海岸地域に立地する官署では、海の影響によって内陸の官署に比べて気温の年較差や日較差が小さく、日最高・最低気温の月平均値にも地域差が生じる。しかし、海や湖による長期間安定した影響 (Munn et al. 1969) や一時的な海流の影響 (船津 1970) など、永年の系統的変化 (上昇・下降傾向) を生じさせないような現象は、今回は問題にしない。ここでは、海の影響で臨海官署の気温が徐々に上昇したり、下降したりするような影響についてのみ簡単に吟味する。

都市化の影響を受けていない23官署 (野口 1994, p.126) のうちから、海の影響を受けやすい臨海官署と内陸の官署を選び、永年の気温データに系統的な違いがあるかどうかを両者の差を取って検討した。使用した官署は、気温の永年データによる主成分分析で、似た傾向を示すと判定された中部日本の地域内に立地す

第7図 都市化による昇温率（℃／10年）と都市規模（人口の対数）との関係



る官署で、海の影響を強く受ける官署として7官署（石廊崎、網代、大島、三宅島、八丈島、御前崎、潮岬）を、内陸の官署として5官署（伊吹山、日光、阿蘇山、河口湖、剣山）を選んだ。

臨海と内陸官署群それぞれの平均永年変化（1950～1988）を求め、その差を示すと（第8図）、年によって臨海官署が高く出たり低くでたりするものの、日最高・最低気温の冬・夏・年平均のそれぞれについて、永年変化に与える系統的な海の影響はほとんど見られない。しかし精査すると、冬の日最高・最低気温についてはわずかに右上がり（臨海官署の温暖化または内陸官署の寒冷化）の傾向が、

一〇九

また夏の日最高・最低気温については右下がり（臨海官署の寒冷化または内陸官署の温暖化）の傾向が感じられるが、詳細な検討は次回に譲りたい。現段階では、臨海官署でも内陸官署でも、都市化の影響の無いようなところでは、一様にバックグラウンドの気温変化を反映していると考えてよいと思われる。したがって、都市化の影響の無い23官署の選択の際、内陸や臨海部に立地する官署が混ざっていても、両者の変化は平行的で、バックグラウンドの気温変化として扱えると思なす。

都市化の影響が考えられるような人口規模の大きい官署所在都市が臨海部に

立地した場合、その気温の永年変化は海（海陸風）の影響を受けて、都市化の影響が減じられ、バックグラウンドの気温変化に近づくことは十分に予想される。神戸に都市化の影響がほとんど現れない（野口 1994, p.128）原因も、都市の面的広がりが六甲山地で制約されていることのほかに、海陸風の影響が加わっているものと思われる。

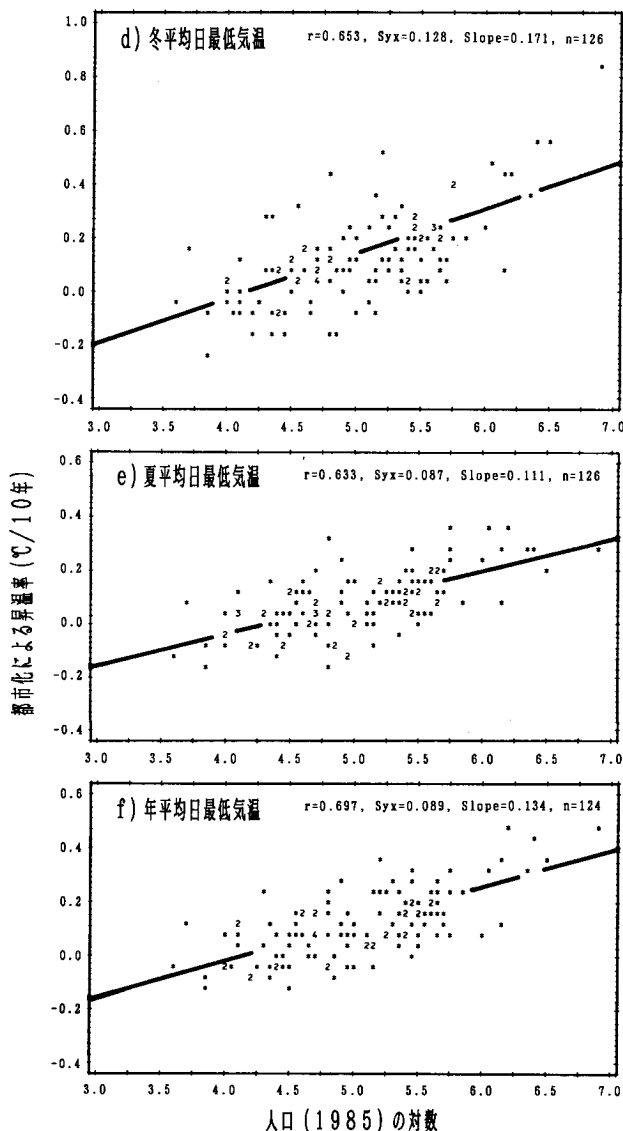
6. 気温の永年変化に見られる最暖・最寒値

6.1 都市化の影響の無い官署の追加

都市化の影響の無い官署として選択した23官署の多くは、無切断の観測期間が短く、すべての官署を満足させる無切断期間としては1948年

以降でしかない。そこで、今回の調査の結果、冬・夏・年平均の日最高・最低気温のすべてにおいて都市化の影響がほとんど出ていないと思われる官署を選び出し、それらの中から1900年以前に観測を開始し、かつ切断の無い6官署（寿都、石巻、伏木、水戸、飯田、巖原）を抽出した。はじめから都市化の影響の無い23官署に含まれている寿都を除き、追加した5官署が都市化の影響をほとんど受けていないとして用いた基準は、バックグラウンドの累年変化からの差の時系列回帰直線の傾き（＝都市化による昇温率、付表1）が日最高・最低気温の年平均で $+0.10^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ 以下、夏・冬平均でも $+0.12^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ 以下の場合とした。

第7図（続き）

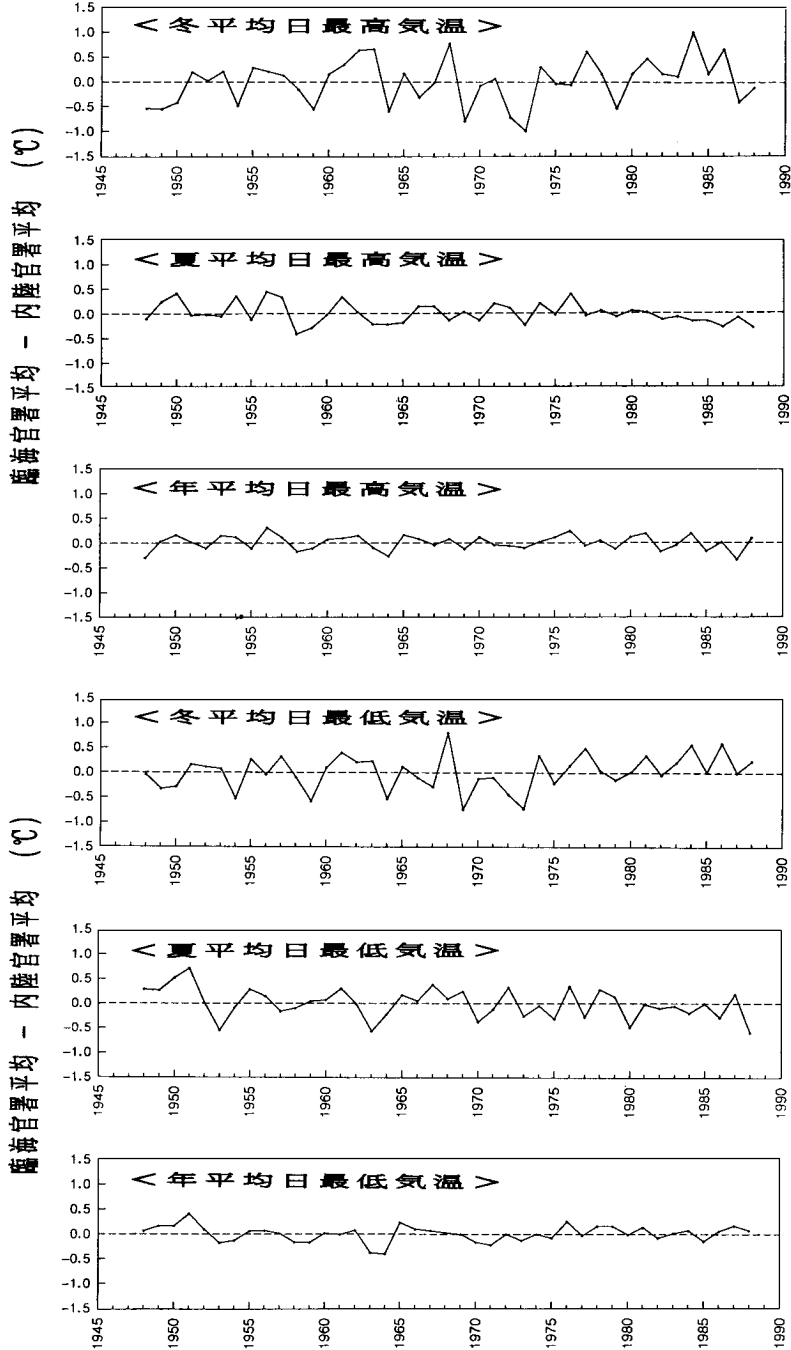


第8図 都市化の影響の無い臨海官署と内陸官署の気温の永年変化における系統的な気温変化の有無

注) 縦軸は(臨海官署平均-内陸官署平均)の値(単位:℃)

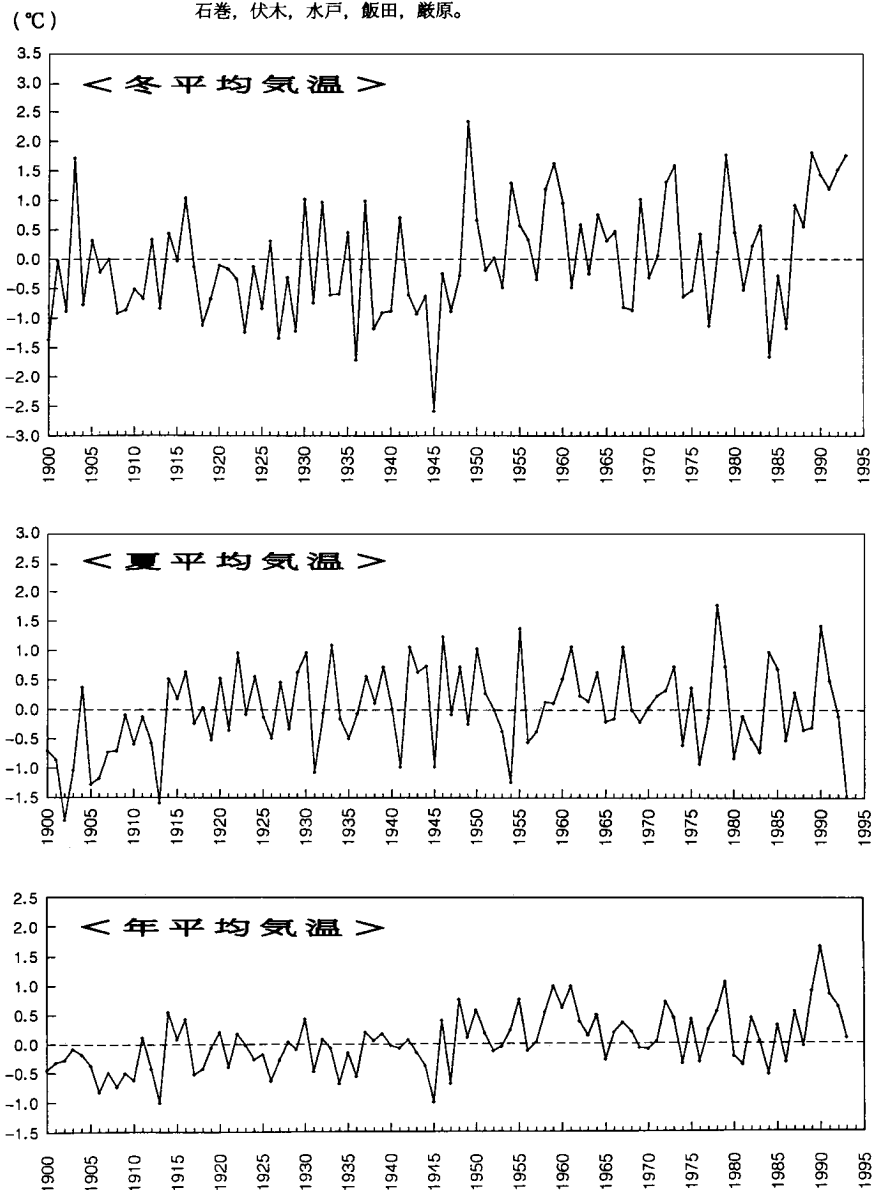
臨海官署: 石廊崎, 網代, 大島, 三宅島, 八丈島, 御前崎, 潮岬

内陸官署: 伊吹山, 日光, 阿蘇山, 河口湖, 剣山



第9図 都市化の影響がほとんど無いと思われる無切断の6官署平均による冬・夏・年平均気温の永年変化（1900～1993）

注）冬平均は、該当年の1、2月と前年の12月の3ヵ月平均。6官署：寿都、石巻、伏木、水戸、飯田、巖原。



6.2 最暖・最寒の季節・年・期間の選択

これら6官署の平均累年値によって、冬・夏・年平均気温の永年変化（1900～1993）を求め、図示すると第9図となる。前の報告（野口 1994, p.125）で、官署所在都市人口100万未満で、切断の無い34官署の平均として、日本の季節・年

平均気温の永年変化（1900～1990）を示したが、それと比べても回帰直線の傾きがさらに減少しており、都市化の影響がそれだけ取り除かれた結果と考えられる。

この6官署平均の夏・冬・年平均気温累年値を用いて、1900年以降の月・季節・年・2～10年移動平均の最暖・最寒値とその期間（年）を求め、上位5位までを示した（付表2）。5位以下については、第9図から知ることができる。

この表は、北海道から九州まで全国的に広がる、都市化の影響の無い（あるいは非常に少ない）6官署平均による日本の最暖・最寒値である。しかし、日本の気温分布は、北冷西暑とか北暑西冷といわれるように、北日本と西日本とで分布の振舞いに違いのある年がある。また、今回の調査でも、日本を5地域に分割したこと自体が、気温の永年変化の振舞いに地域差があることを前提としている。したがって、最暖値や最寒値を求める場合も、厳密には地域別に細かく議論する必要がある。しかし、これまでの研究では、全国的な暖冬年・寒冬年、暑夏年・冷夏年、または過去最も暖かい10年間などという選択が求められる場合が少なかつた（例えば吉野 1991）。また、日本の暑夏・冷夏をチベット高気圧の動静との関連で調べた堀竹・根山（1976）は、西日本だけの暑夏・冷夏と全国的なそれとの相違が認められなかつたと指摘している。このようなことから、今回は全国平均として1900年以降の最暖値・最寒値を求めた。日本を地域に限って、それぞれの地域ごとに最暖値・最寒値を求めるためには、切断の無い官署数が限られているため、調査期間をもっと短く取らざるを得ない。

7. あとがき

日本の気象官署の冬・夏・年平均日最高・最低気温（1950～1988）を用い、都市化の影響の無い官署平均（バックグラウンドの気温の永年変化）からの差として、各官署での都市化の影響を表現した。その結果、日最高気温では、冬・夏・年平均を通して都市化の影響（昇温率）が大きくばらつき、人口で示す都市規模との間に相関は見られなかつた。一方、日最低気温では、冬・夏・年平均ともに都市化の影響と都市規模との間に有意な相関が見られ、特に冬平均では人口100万以上の大都市を中心に都市化の影響が著しい。

一
〇
五 海が日最高・最低気温の永年変化に系統的なノイズを与えている様子は、少なくとも年平均については無かつたが、夏・冬平均では今後詳細に吟味する必要がある。最後に、都市化の影響のほとんど無いと思われる6官署平均による月・季節・年・2～10年移動平均の1900～1993年における最暖値・最寒値を示した。

参考文献

Foster, J. L. and Leffler, R. J. (1981) Unrepresentative Temperatures at a First-Order Meteorological Station: Washington National Airport. Bull. Amer. Meteor. Soc., 62, 1002-1006.

船津康二（1970）遠州灘冷水塊が沿岸の気象に与える影響について（2），天気，17，499-503

- 堀竹昌治・根山芳晴 (1976) 100mb循環場よりみた西日本の暑夏冷夏の特徴とその予測について, 天気, 23, 441-446 .
- Karl, T.R. and Jones, P.D. (1989) Urban Bias in Area-Averaged Surface Air Temperature Trends. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 70, 265-270.
- Karl, T. R., Jones, P. D., Knight, R. W., Kukla, G., Plummer, N., Razuvayev, V., Gallo, K. P., Lindsey, J., Charlson, R. J. and Peterson, T. C. (1993) A New Perspective on Recent Global Warming: Asymmetric Trends of Daily Maximum and Minimum Temperature. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 74, 1007-1023.
- Karl, T. R., Kukla, G. and Gavin, J. (1987) Recent Temperature Changes during Overcast and Clear Skies in the United States. *J. Climate Appl. Meteor.*, 26, 698-711.
- 気象庁 (1990) 地上気象観測統計指針. 日本気象協会, 152pp.
- Kukla, G., Gavin, J. and Karl, T. R. (1986) Urban Warming. *J. Climate Appl. Meteor.*, 25, 1265-1270.
- 松野太郎 (1989) 温室効果ガスの増加による気候変化の推定, 科学, 59, 583-592.
- Moffitt, B. J. (1972) The Effects of Urbanisation on Mean Temperatures at Kew Observatory. *Weather*, 27, 121-129.
- Munn, R. E. et al. (1969) A Climatological Study of the Urban Temperature Anomaly in the Lakeshore Environment at Toronto. *J. Appl. Meteor.* 8, 411-422.
- 中辻 剛 (1993) 大分市の気候変動, 研究時報44巻別冊, 180-181.
- 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.
- 野口泰生 (1994) 日最高・最低気温の永年変化に与える都市化の影響, 天気, 41, 123-135.
- 朴 (小野) 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, 67, 561-574.
- 重原好次 (1991) 温室効果気体の増加に伴う気候変化, 農業気象, 47, 109-116.
- 山元龍三郎 (1990) 地球温暖化の実態に関する研究の動向, 天気, 37, 289-305.
- 吉野正敏 (1991) 来る半世紀の地球の気候と日本の農林水産業・人間環境の推定に関する研究 (I, II), 気候学・気象学研究報告 (筑波大学地球科学系) 16号。

(本学教授・地理学)