

# 都市気象官署における気温極値の経年変化

藤部文昭\*

## 要旨

国内の60気象官署における1891年以降の気温の年間・月間極値資料を収集し、その経年変化率を求めた。これを日最低・最高気温(季節・年平均値)の変化率と比べるとともに、市町村人口や夜間冷却強度との関係を調べた。

年間低極値は、日最低気温の冬季平均値や年平均値に比べて上昇率が大きい傾向がある(対象地点全体の平均では1.6~1.7倍)。中でも、大都市や内陸域の都市では年間低極値の上昇率が大きく、帯広と旭川では12°C/(100年)前後に達する。年間高極値の変化率は全体に小さいが、日最高気温(夏季・年平均値)の変化率に比べれば平均1.5~1.7倍大きい。

年間低・高極値の変化率は、市町村人口の対数と正相関がある。また、年間低極値の上昇率は夜間冷却強度と強い正相関があり、局地気候条件に大きく依存することがうかがえる。

## 1. はじめに

近年、日本の気象官署では著しい低温が観測されにくくなった。例えば、旭川では1902年に国内最低記録である-41°Cが観測されたが、戦後50年間は-30°Cを下回る気温は観測されていない。同じような傾向は他の官署についても見出される(太田, 1994)。一方、日最高気温は近年になって記録の更新が相次いでいる。気温極値は社会的な話題性もあり、都市気候研究にとって興味深いテーマである。

しかし、気温の経年変化に関する今までの研究は、年あるいは月平均資料に基づくものが大部分であった(野口, 1994; 朴ほか, 1994; Fujibe, 1995; Karl *et al.*, 1993)。こうした研究によって、日本では人口の大きい都市ほど気温の上昇率が大きく、特に日最低気温にはその傾向が強いことが示されてきた。また Fujibe (1995) は気温日較差の大きい都市ほど日最低気温の上昇率が大きい傾向を指摘し、これを夜間冷却強度の地域差と関連づけて解釈した。日最高気温については、戦後に限れば経年変化は小さいが、過去100年間を通算すれば多くの地点で上昇傾向があり、変化率と市町村人口との間には正相関が認められている。

これらに比べ、気温の低極値の変化は都市化の影響をもっと敏感に反映する可能性がある。なぜなら著しい低温は晴天弱風時に現れるのが普通であり、これは都市のヒートアイランドが発達する条件(Oke, 1978; Landsberg, 1981)と合致するからである。その一方、極値の変化をグローバルな気候変動の視点から論じた研究例もある(Mearns *et al.*, 1984; Balling *et al.*, 1990; Karl *et al.*, 1991)。また、1994年の夏には日本各地で40°C前後の高温が観測されたが、これは都市化の影響と言うより、少雨による地表面の乾燥が寄与したと考えられる(Fujibe, 1996)。従って気温極値の経年変化を論ずる際には、都市化以外の因子も念頭に置きつつ実態をよく見極める必要がある。

本研究では、各種の印刷物から気象官署における約100年間の気温の年間極値と月間極値の資料を収集し、(1)その経年変化の実態、(2)極値の変化率と日最低・最高気温の季節・年平均値の変化率との比較、および(3)変化率と市町村人口および夜間冷却強度との関連について調べた。なお解析方法はFujibe (1995)に従った部分が多く、その詳細や付随する問題についての記述は最小限にとどめた。

\* 気象研究所予報研究部。

—1996年3月15日受領—

—1996年9月18日受理—

## 2. 資料と解析方法

### 2.1 資料

対象地点を1906年末までに観測が始まった60官署と

した(第1表)。対象要素は気温の年間低・高極値とし、一部の地点については月間極値も調べた。

対象期間は、資料収集の都合等により1891~1994年とした。このうち1961年以降については、気象庁統計室作成の磁気テープによる地上気象官署の日別値を資料源にした。1960年以前は、東北・関東・中部地方と三重県については仙台管区気象台(1986)と東京管区気象台(1987)による月間極値の表を使った。それ以外の地域については、主に各官署の独自資料(「\*\*県の気候」「\*\*気象台百年誌」等)と「中央気象台年報」「気象庁年報」を使い、これらの資料が欠けているところは「中央気象台月報」で補った。

一般に年間極値とは、毎年1~12月のうちの極値を指す。このため、年間低極値はひと冬に2回(12月と1月以降)現れたり、1度も現れなかったりすることがある。そこで今回は、年間低極値を“ひと冬の最低気温”すなわち前年の秋から当年の春までの間の最低気温で定義した。

比較のため、日最低・最高気温の年・月平均値も扱った。これらはすでに Fujibe (1995) で調べられている(対象期間は1891~1992年)が、今回は対象期間を1994年まで延ばして再計算した。資料は気象庁統計室作成の磁気テープから求めた。

以下、気温の低・高極値をそれぞれ  $TMIN$ ,  $TMAX$  と表す。これに対し、日最低・最高気温の平均値を  $Tmin$ ,  $Tmax$  と書く。そして、それぞれの定義期間を以下のように添え字で区別する。

- ・年間低・高極値： $TMIN_{ann}$ ,  $TMAX_{ann}$
- ・月間低・高極値： $TMIN_{mon}$ ,  $TMAX_{mon}$
- ・日最低・最高気温の年平均値： $Tmin_{ann}$ ,  $Tmax_{ann}$
- ・日最低気温の冬季(1, 2月)平均値： $Tmin_{win}$
- ・日最高気温の夏季(7, 8月)平均値： $Tmax_{sum}$
- ・日最低・最高気温の月平均値： $Tmin_{mon}$ ,  $Tmax_{mon}$

また、これらの経年変化率を $\uparrow$ をつけて  $TMIN^{\uparrow}_{ann}$  等と書く。

## 2.2 経年変化率の計算

$Tmin_{mon}$  と  $Tmax_{mon}$  については Fujibe (1995) と同じ方法で経年変化率を計算した。その結果を利用して  $Tmin_{win}$ ,  $Tmin_{ann}$  等の経年変化率を求めた。 $TMIN$ ,  $TMAX$  についても類似の方法を使った。

Fujibe (1995) の方法は、気温 ( $Tmin_{mon}$  または  $Tmax_{mon}$ ) の経年変化を (a) 各地点に固有の長期変化、(b) 広域にわたる年々の変動、および (c) 官署の移転に伴う不連続変化の和で近似するものである。

第1表 対象地点と市町村人口。

		都市		人口(万)			
		都市	人口(万)	都市	人口(万)		
1	TK	東京**	816.3	31	徳島*	26.3	
2	YK	横浜	322.1	32	下関	26.3	
3	OS	大阪	262.4	33	福井*	25.3	
4		名古屋*	215.5	34	YM	山形	24.9
5	SP	札幌	167.2	35	水戸	23.5	
6	KB	神戸	147.7	36	呉**	21.7	
7	KT	京都	146.1	37	松本*	20.1	
8		福岡*	123.7	38	甲府*	20.1	
9		広島**	108.6	39	FS	伏木	17.5
10		岡山	59.4	40	佐賀	17.0	
11		熊本	57.9	41	OB	帯広	16.7
12		鹿児島*	53.7	42	津	15.7	
13		浜松	53.5	43	熊谷	15.2	
14		新潟	48.6	44	石巻	12.2	
15		長崎**	44.5	45	彦根	10.0	
16		松山	44.3	46	飯田	9.2	
17		金沢	44.3	47	銚子*	8.5	
18		宇都宮*	42.7	48	敦賀*	6.8	
19		岐阜**	41.0	49	TY	高山	6.5
20		大分*	40.9	50	宮古**	5.9	
21		和歌山	39.7	51	浜田	4.9	
22	AS	旭川	35.9	52	名瀬	4.6	
23		長野	34.7	53	網走	4.4	
24		高知	31.7	54	境	3.7	
25		函館*	30.7	55	NM	根室	3.7
26		秋田**	30.2	56	勝浦	2.5	
27		青森*	28.8	57	多度津	2.4	
28		宮崎*	28.7	58	厳原	1.7	
29	ME	前橋	28.6	59	八丈島	0.9	
30		福島	27.8	60	寿都	0.5	

注1：人口は1990年国勢調査による。東京は23区の人口。

注2：\*は2.3節の条件①②を満たさない地点、\*\*は①②を満たすが③を満たさない地点。

注3：都市名の左側の記号は第4図等の図中記号に対応。

このうち (a) は都市化による気温変化やグローバルな変化を表す。これは時間的にはなめらかであると仮定し、多項式で表現した。(b) はもっと短期的な変化を含んでいるが、空間的には共通したパターンを持つものと仮定し、国内の地上気温の EOF 展開による上位数成分のスコアで表現した。この EOF 展開には、月平均気温から線形トレンドを除いたものを使用した(詳細は Fujibe (1995) 参照)。(c) については、移転による不連続は階段関数で表現できるものと仮定した。ただし官署の移転は短距離のものまで入れるとかなり回数が多く、これらの影響をすべて評価するのは難しいので、500 m 以上の距離にわたるものを対象にした。その中には気象庁による気温(平均値・極値)の統計切断はすべて含まれている。なお、移転による不連続を考慮することが以後の結果にどの程度影響す

るかを見るため、移転を考慮しない場合の計算も行ってみた。

これらの各項を、次の最小2乗条件で気温データに当てはめた。

$$\sum_{m'=m-1}^{m+1} \sum_{j=1}^J [T(j, m') - \sum_{k=0}^K a_k(m) (j + \frac{m'}{12})^k] \quad (1)$$

(a)

$$- \sum_{n=1}^L b_n(m) F_n(j, m') - M \sum_{h=1}^H c_h(m) S_h(j, m')]^2 \rightarrow \text{最小}$$

(b)                      (c)

ここで  $j$  は年,  $m$  は月を表し,  $T$  は  $Tmin_{mon}$  と  $Tmax_{mon}$  のどちらかである。式の中に前後3か月間 ( $m-1 \sim m+1$ ) の和を入れたのは、計算値の月々のばらつきを抑えるためである。(a)項のうち,  $K$  は多項式の次数を表す。(b)項の  $F_n$  は、上記 EOF の第  $n$  成分のスコアである。また(c)項においては,  $H$  は移転回数,  $S_h$  は第  $h$  回目の移転時を境とする階段関数である。 $M$  はこの項を計算に含めるときは1, 含めないときは0とする。

経年変化率 ( $Tmin'_{mon}, Tmax'_{mon}$ ) は、(a)項の平均変化率で定義した。これらを各季節・年について平均することにより,  $Tmin'_{win}, Tmin'_{ann}$  等を求めた。

月間極値 ( $TMIN_{mon}, TMAX_{mon}$ ) についても式(1)を使った。年間極値 ( $TMIN_{ann}, TMAX_{ann}$ ) については式(1)を次の形に変形して使った。

$$\sum_{j=1}^J [T(j) - \sum_{k=0}^K a_k(j + \frac{m}{12})^k] \quad (a)$$

$$- \sum_{n=1}^L \overline{b_n} F_n(j) - M \sum_{h=1}^H c_h S_h(j, m)]^2 \rightarrow \text{最小} \quad (2)$$

(b)                      (c)

ここで,  $\overline{F_n}$  は  $TMIN_{ann}$  については毎年1, 2月の平均値,  $TMAX_{ann}$  については7, 8月の平均値を表し,  $m$  はそれぞれ1.5月と7.5月とした。

### 2.3 計算条件と地点の選択

式(1)(2)の  $K$  や  $L, M$  の値の選びかたには、特に基準があるわけではない。しかし、これらの与えかたによって経年変化率が大きくバラつくならば、その信頼性に疑いが生ずる。そこで、多数地点を対象とした統計の際には、 $K, L, M$  値の違いによる経年変化率のバラつきが大きい地点を除くようにした。また、こ

うした地点を含めた場合の統計も行い、結果を比べてみた。

$K, L, M$  の値としては、 $(K, L, M) = (3, 3, 1), (1, 3, 1), (1, 0, 1), (3, 3, 0), (1, 3, 0), (1, 0, 0)$  の6通りを与えた。これら6通りの計算による経年変化率のバラつき(標準偏差)について、次の3条件を設けた。

- ①  $Tmin'_{mon}$  および  $Tmax'_{mon}$  の標準偏差が、各月とも  $1^\circ\text{C}/(100\text{年})$  未満。
- ②  $Tmin'_{ann}$  および  $Tmax'_{ann}$  の標準偏差が  $0.5^\circ\text{C}/(100\text{年})$  未満。
- ③  $TMIN'_{ann}$  および  $TMAX'_{ann}$  の標準偏差が  $1^\circ\text{C}/(100\text{年})$  未満。

これらの3条件を満たす地点は39地点であった。しかし、このうちの札幌・旭川・帯広では低極値や日最低気温の上昇率が極端に大きく、これらの地点を含めるかどうかで気温変化率の統計結果は少なからず変わる。そこで、これら3地点を含めた場合と含めない場合それぞれについて統計を行った。

まとめると、地点の選びかたとして次の4通りを与えた。

- (I a) 全60地点
- (I b) (I a) から札幌・旭川・帯広を除いた57地点
- (II a) ①②③を満たす39地点
- (II b) (II a) から札幌・旭川・帯広を除いた36地点

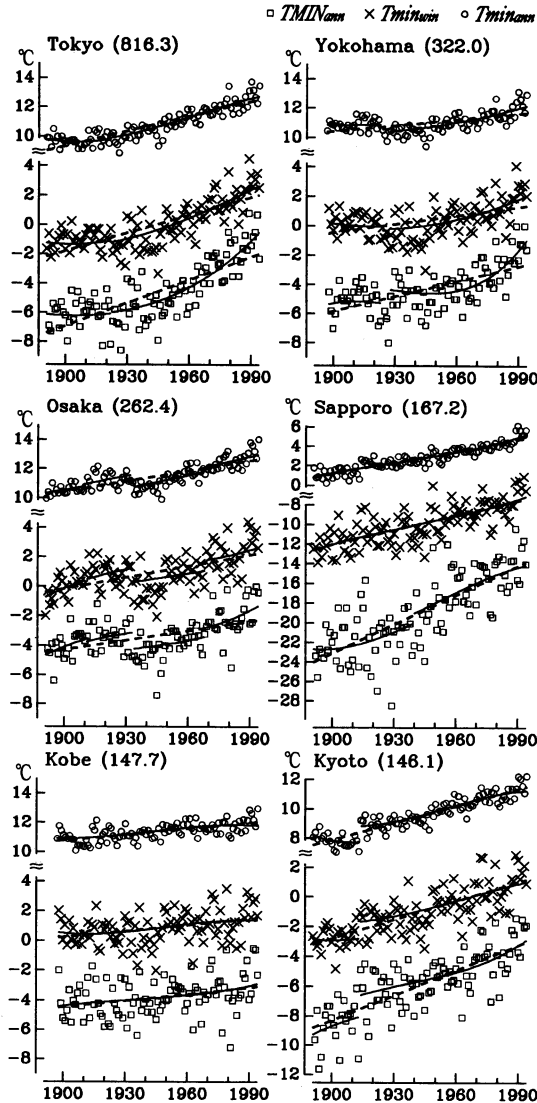
以下の統計では ( $K, L, M$ ) については (3, 3, 1)、地点については (II b) の36地点(以下“標準36地点”と言う)を基本とする。そして、これ以外の計算条件による結果を随時併記する。

## 3. 低極値の経年変化

### 3.1 主な地点・地点群における経年変化の特徴

第1図は人口100万以上の都市について年間低極値 ( $TMIN_{ann}$ ) の経年変化を示したもので、日最低気温の冬季・年平均値 ( $Tmin_{win}$  と  $Tmin_{ann}$ ) の経年変化を併せて示す。なお東京は条件③を満たさないが、日本最大の都市としての重要性を考え、図示の対象に含めた。図から以下のことが読み取れる。

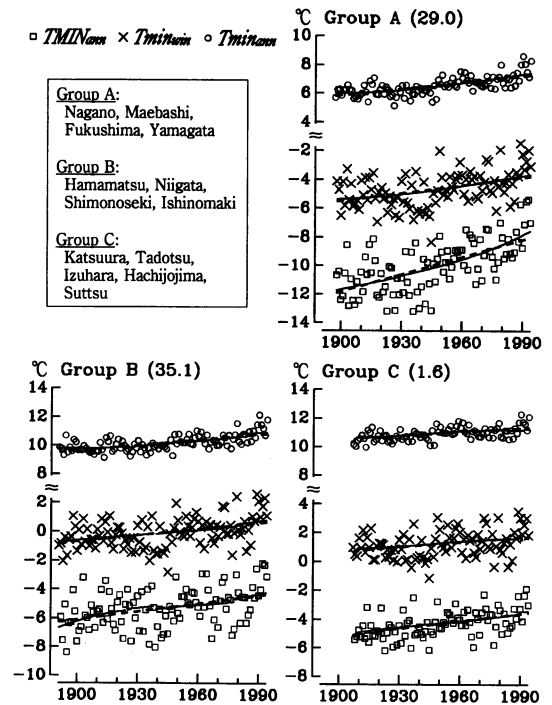
- 1) 全体として,  $TMIN_{ann}$  は  $Tmin_{win}, Tmin_{ann}$  と同程度か、それを上回る率で上昇している。例えば東京では,  $Tmin_{win}$  の上昇率は  $4^\circ\text{C}/(100\text{年})$ ,  $Tmin_{ann}$  は  $3^\circ\text{C}/(100\text{年})$  程度であるのに対して  $TMIN_{ann}$  は  $5^\circ\text{C}/(100\text{年})$  程度の上昇率がある。この結果、年極値と平均値の差は時代とともに縮まる傾向がある。
- 2)  $TMIN_{ann}$  の上昇率は,  $Tmin_{win}$  や  $Tmin_{ann}$  に比



第1図 主な大都市における年間低極値 ( $TMIN_{ann}$ ) および日最低気温の冬季・年平均値 ( $Tmin_{win}$ ,  $Tmin_{ann}$ ) の経年変化. 実線は  $(K, L, M) = (3, 3, 1)$  による3次回帰式 (式 (1) (2) の a 項と c 項) を表し, 破線は  $(K, L, M) = (1, 0, 0)$  による1次回帰式を表す. 都市名の後の ( ) は1990年の人口. なお札幌については気温の目盛り幅を他の都市の2/3にしてある.

べて都市によるバラつきが目立つ. 例えば札幌では  $TMIN_{ann}$  の上昇率が  $8 \sim 9^\circ\text{C}/(100\text{年})$ , 京都では  $4^\circ\text{C}/(100\text{年})$  程度であるのに対し, 神戸では  $1 \sim 1.5^\circ\text{C}/(100\text{年})$  に過ぎない.

3) 時代別に見ると,  $TMIN_{ann}$  も  $Tmin_{win}$  も戦前に

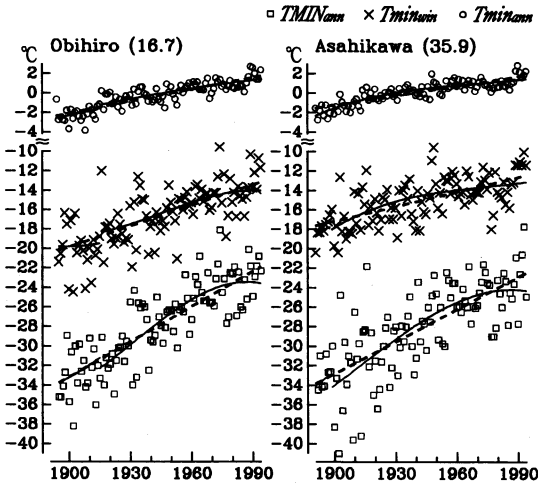


第2図 各グループ平均の経年変化. グループ名の後の ( ) は1990年人口の平均値.

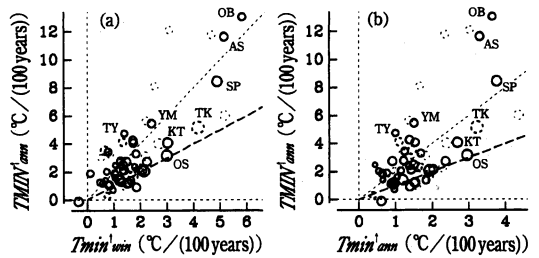
比べて戦後の上昇が大きい.

第2図は上昇率と地形条件との関係を見るため, 人口10~100万の都市 (以下“中規模都市”と言う) のうちから (A) 内陸にあるものと (B) 沿岸にあるものとを4つずつ選び, それぞれ平均した経年変化を示したものである. またこれらと小市町村を比べるため, (C) 人口3万未満の5市町村についての結果も示す.  $TMIN_{ann}$  の上昇率はA群が約  $4^\circ\text{C}/(100\text{年})$  であるのに対してB群は  $1.5^\circ\text{C}/(100\text{年})$  程度であり, 上昇率は内陸域と沿岸域とで違うことがうかがえる.  $Tmin_{win}$  と  $Tmin_{ann}$  については, A群の上昇率がB群をやや上回る程度であり,  $TMIN_{ann}$  に比べて内陸と沿岸の差は小さい.

C群においても  $TMIN_{ann}$  は  $1^\circ\text{C}/(100\text{年})$  程度の率で上がっている. C群に含まれる地点は市町村規模が小さいので, 低極値の上昇には何らかの都市化以外の要因がかかわっているかも知れない. しかし一方, C群の地点が都市化の影響を全く受けていないとは言いつれず, C群の低極値の上昇については今のところ明確な解釈ができない. この点は日最低気温の平均値についても同様である.



第3図 帯広と旭川における経年変化。第1図の札幌と同様、気温の目盛り幅を他都市の2/3にしてある。



第4図 年間低極値の上昇率と、日最低気温の冬季・年平均値の上昇率との関係。上昇率は  $(K, L, M) = (3, 3, 1)$  として求めた。○の面積は都市人口を表しており(第9図a参照)、条件①~③をすべて満たす地点を実線、①②のみ満たす地点を太めの点線、①②を満たさない地点を細めの点線で描いてある。目盛り幅は縦軸と横軸とで異なり、 $TMIN^{\uparrow} = Tmin^{\uparrow}$  の直線を破線で、 $TMIN^{\uparrow} = 2 Tmin^{\uparrow}$  の直線を点線で示してある。都市名の記号は第1表参照。

第2表  $TMIN^{\uparrow}_{ann}$  と  $Tmin^{\uparrow}_{win}$  の相関係数と比を、6通りの  $(K, L, M)$  値と4通りの地点分類について計算したもの。

計算対象 (地点数)	$K, L, M$					
	3,3,1	1,3,1	1,0,1	3,3,0	1,3,0	1,0,0
I a(60)	0.80/1.8	0.81/1.8	0.83/1.8	0.82/1.8	0.82/1.8	0.82/1.7
II a(39)	0.89/1.7	0.88/1.7	0.89/1.7	0.91/1.8	0.91/1.8	0.91/1.7
I b(57)	0.68/1.8	0.73/1.8	0.78/1.7	0.58/1.8	0.58/1.8	0.57/1.7
II b(36)	0.58/1.6	0.70/1.6	0.81/1.6	0.68/1.7	0.67/1.7	0.67/1.6

第3図は、上昇率が極端に大きい帯広と旭川の結果を示したものである。 $TMIN_{ann}$  の上昇率は帯広では12~13°C/(100年)、旭川では11~12°C/(100年)に達する。 $Tmin_{win}$  と  $Tmin_{ann}$  の上昇も著しく大きく、それぞれ5~6°C/(100年)と3~4°C/(100年)である。両地点とも、戦後だけでなくむしろ戦前に大幅な上昇が見られる(第1図の札幌にも同様の特徴がある)。なお帯広は1914年に観測点が約700m移動し、気象庁の統計では低極値は切断の扱いになっているが、今回の結果を見る限りでは移転による不連続は1°Cのオーダーであり、経年変化率に対する影響は小さい。

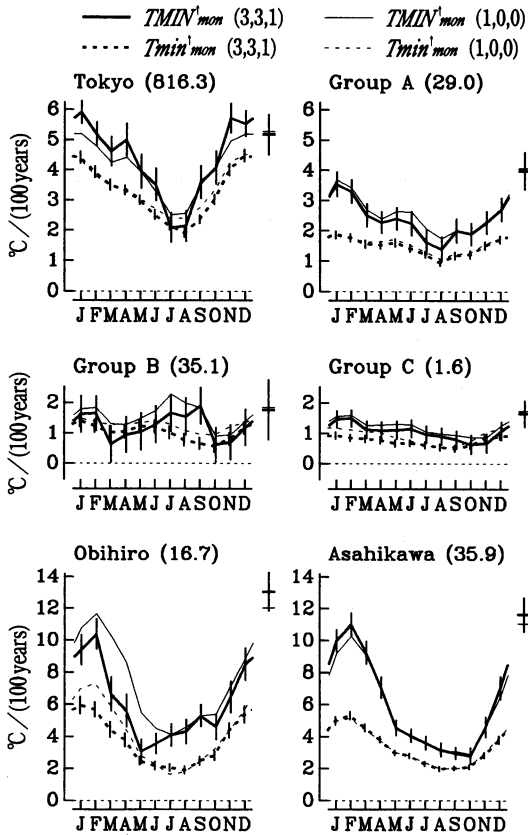
### 3.2 年間低極値の上昇率と日最低気温の平均値の上昇率との関係

第4図aは、各地点の年間低極値の上昇率( $TMIN^{\uparrow}_{ann}$ )と日最低気温の冬季平均値の上昇率( $Tmin^{\uparrow}_{win}$ )との関係をプロットしたものである。多くの地点で $TMIN^{\uparrow}_{ann}$ のほうが $Tmin^{\uparrow}_{win}$ よりも大きく、平均すると $TMIN^{\uparrow}_{ann}$ は $Tmin^{\uparrow}_{win}$ の1.6倍である。また両者の間には正相関

があり、相関係数は0.58である。このように、年間低極値の経年変化率と日最低気温の冬季平均値の変化率とは相関関係があるが、変化率の値は年間低極値のほうが大きい。 $TMIN^{\uparrow}_{ann}$ が4°C/(100年)を上回る地点は、標準36地点の中では帯広・旭川・札幌・山形・高山・長野・福島・京都である。その多くは本州中部以北の内陸都市である。

前段落に掲げた数値は、標準36地点(前章末に掲げた条件IIb)について  $(K, L, M) = (3, 3, 1)$  として求めたものである。その他の計算条件による結果を第2表に掲げる。全体として、札幌・帯広・旭川を入れた(Ia),(IIa)のほうが相関が高くなる。これは、上記3地点の $TMIN^{\uparrow}_{ann}$ と $Tmin^{\uparrow}_{win}$ がともに非常に大きいためである。この点を別にすれば、 $TMIN^{\uparrow}_{ann}$ と $Tmin^{\uparrow}_{win}$ の比や相関は計算条件にはさほど依存しない。他の統計結果についても事情は同様である。以下の記述では、標準36地点についての値の後に全60地点(Ia)についての数値を[ ]に入れて表示する。

第4図bは、 $TMIN^{\uparrow}_{ann}$ と $Tmin^{\uparrow}_{ann}$ との関係で

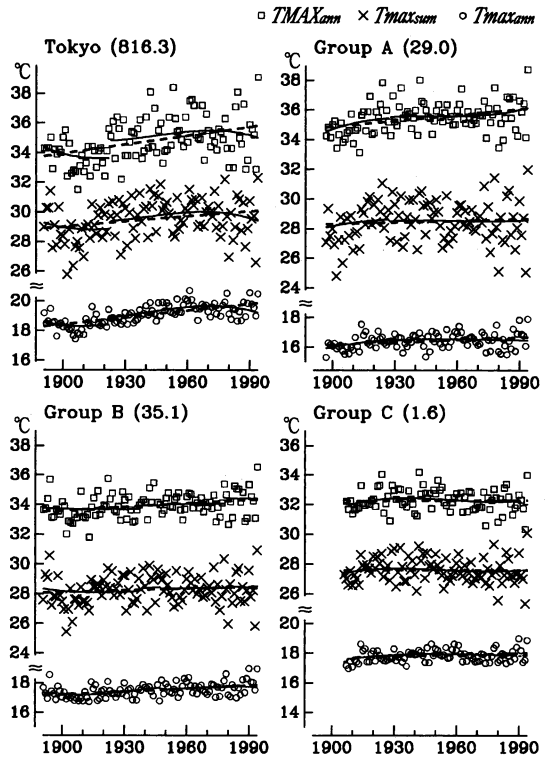


第5図 月間低極値および日最低気温の月平均値の上昇率の年変化。各図の右側には年間低極値の上昇率 ( $TMIN_{ann}^{\uparrow}$ ) を示してある。縦棒は標準偏差の範囲を表す (ただし  $(K, L, M) = (3, 3, 1)$  の結果についてのみ表示)。

ある。全体の特徴は第4図aと似ており、 $TMIN_{ann}^{\uparrow}$  と  $Tmin_{ann}^{\uparrow}$  の比は  $1.7[2.0]$ 、相関係数は  $0.40[0.62]$  である。

3.3 低極値の上昇率の季節依存性

第5図は、月間低極値の上昇率 ( $TMIN_{mon}^{\uparrow}$ ) の年変化を東京と第2図のA~C群および帯広・旭川について示したもので、 $Tmin_{mon}^{\uparrow}$  の年変化も併せて示す。東京・A群 (内陸都市)・帯広・旭川では、 $TMIN_{mon}^{\uparrow}$  は明らかに冬に大きく夏に小さい。日最低気温の月平均値の上昇率 ( $Tmin_{mon}^{\uparrow}$ ) にも同様の年変化があるが、振幅は  $TMIN_{mon}^{\uparrow}$  ほどではなく、全年を通じて  $TMIN_{mon}^{\uparrow} > Tmin_{mon}^{\uparrow}$  である。一方、B群 (沿岸都市) とC群 (小市町村) では  $TMIN_{mon}^{\uparrow}$  も  $Tmin_{mon}^{\uparrow}$  も年間を通じて  $1^{\circ}\text{C}/(100\text{年})$  程度の値であり、年変化は不明瞭である。



第6図 年間高極値 ( $TMAX_{ann}$ ) および日最高気温の夏季・年平均値 ( $Tmax_{sum}$ ,  $Tmax_{ann}$ ) の経年変化。

別の見方をすると、冬は  $TMIN_{mon}^{\uparrow}$  が極端に大きい地点 ( $5\sim 10^{\circ}\text{C}/(100\text{年})$ ) とそうでない地点 ( $1\sim 2^{\circ}\text{C}/(100\text{年})$ ) のコントラストが著しいのに対し、夏は全体として  $TMIN_{mon}^{\uparrow}$  が小さく地域差は目立たない。しかし目立たないとは言っても、帯広や旭川では夏の  $TMIN_{mon}^{\uparrow}$  は  $3\sim 4^{\circ}\text{C}/(100\text{年})$ 、東京やA群でも  $2\sim 3^{\circ}\text{C}/(100\text{年})$  の値があり、B群やC群に比べて大きい。

注目されるのは、帯広と旭川で  $TMIN_{ann}^{\uparrow} > TMIN_{mon}^{\uparrow}$ 、すなわち年間低極値の上昇率が月間低極値の上昇率を上回っていることである。A群でも同じ特徴がある。このことと、 $TMIN_{mon}^{\uparrow} > Tmin_{mon}^{\uparrow}$  であることを併せ考えると、“発現頻度の小さい (= 極端な) 低温ほど経年上昇が著しい” 傾向がうかがえる。

4. 高極値の経年変化

第6図は、東京とA~C群における年間高極値 ( $TMAX_{ann}$ ) と日最高気温の夏季・年平均値 ( $Tmax_{sum}$ ,  $Tmax_{ann}$ ) の経年変化を示す。全体として  $TMAX_{ann}$  の上昇傾向は  $TMIN_{ann}$  に比べて弱い。東

京では、 $TMAX_{ann}$  は  $2^{\circ}\text{C}/(100\text{年})$  程度の率で上がっているが、移転を考慮した計算結果では1923年の不連続が大きく見積もられ、上昇率 ( $TMAX^{\uparrow}_{ann}$ ) の計算値は0に近い。実際には1923年の移転は距離にして600 mに過ぎず、その影響は都心部の環境変化に比べて小さいと考えられるので、移転による不連続を考慮した結果のほうが適切であるかどうかは疑問である。このように、東京の  $TMAX^{\uparrow}_{ann}$  については不確かさが残ることを認めざるを得ない。

A群 (内陸都市) とB群 (沿岸都市) については、 $TMAX^{\uparrow}_{ann}$  はともに  $1^{\circ}\text{C}/(100\text{年})$  程度である。C群 (小市町村) では  $TMAX_{ann}$  の上昇傾向は認められない。

第7図は各地点の年間高極値の変化率 ( $TMAX^{\uparrow}_{ann}$ ) と日最高気温の夏季・年平均値の変化率 ( $Tmax^{\uparrow}_{sum}$ ,  $Tmax^{\uparrow}_{ann}$ ) との関係を示す。 $TMAX^{\uparrow}_{ann}$  は平均して  $Tmax^{\uparrow}_{sum}$  の1.7倍 [2.1倍],  $Tmax^{\uparrow}_{ann}$  の1.4倍 [1.5倍] である。また  $TMAX^{\uparrow}_{ann}$  と  $Tmax^{\uparrow}_{sum}$  との間には0.79 [0.74],  $TMAX^{\uparrow}_{ann}$  と  $Tmax^{\uparrow}_{ann}$  との間には0.71 [0.69] の正相関がある。このように、年間高極値の経年変化率は日最高気温の夏季および年平均値の変化率と相関があるが、変化率の値は年間高極値のほうが大きい。

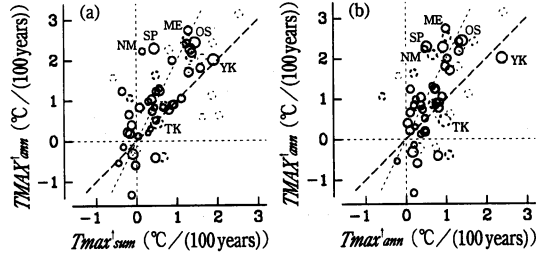
標準36地点のうち  $TMAX^{\uparrow}_{ann}$  が最も大きいのは前橋の  $2.7^{\circ}\text{C}/(100\text{年})$  である。これはある程度まで関東内陸域の広域的昇温 (Fujibe, 1994) と関連していると考えられる。他に  $TMAX^{\uparrow}_{ann}$  が  $2^{\circ}\text{C}/(100\text{年})$  を超えるのは大阪・伏木・札幌・京都・根室・横浜であり、このうちの4つは人口100万以上の都市である。

第8図は月間高極値の変化率 ( $TMAX^{\uparrow}_{mon}$ ) の年変化を東京とA～C群について示す。 $TMAX^{\uparrow}_{mon}$  は年間を通じて値が小さく、その年変化は明瞭ではない。

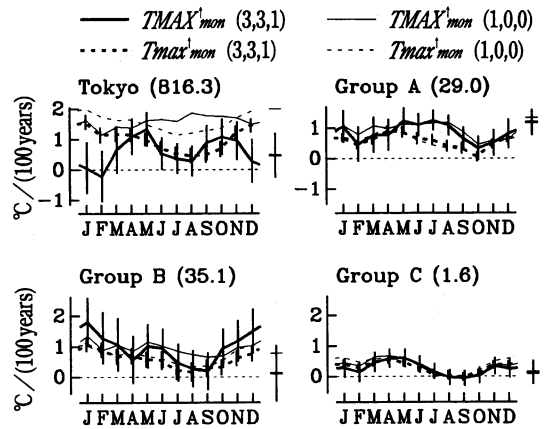
### 5. 年間極値の経年変化率と市町村人口・夜間冷却強度との関係

#### 5.1 市町村人口との関係

市町村人口の尺度として、国勢調査による1990年人口の対数 ( $\log P_{90}$ ) と、1920～1990年の人口増加率を使った (Fujibe, 1995)。増加率としては、市町村の合併等による境域の変化を補正しながら計算した値 ( $\overline{\log P^{\uparrow}}$ ) と、補正しないで求めた値 ( $\log P^{\uparrow}$ ) の2種類を扱った。Fujibe (1995) は人口のベキ (1/4乗など) も扱ったが、対数でもベキでも統計結果の差は小さいので、今回は対数だけを取り上げた。



第7図 年間高極値の変化率と、日最高気温の夏季・年平均値の変化率との関係。斜めの破線と点線はそれぞれ  $TMAX^{\uparrow} = Tmax^{\uparrow}$  および  $TMAX^{\uparrow} = 2Tmax^{\uparrow}$  の直線を表す。

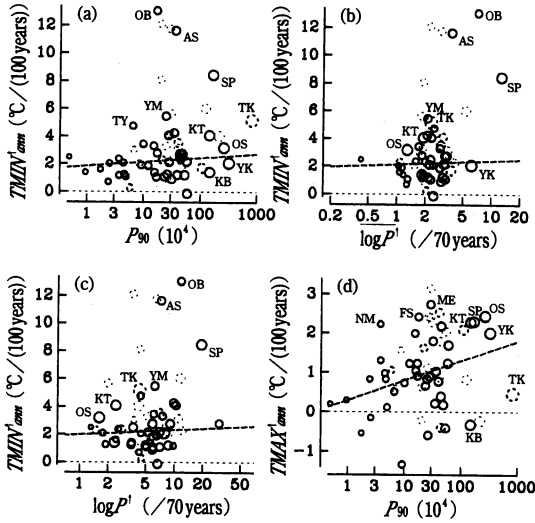


第8図 月間高極値および日最高気温の月平均値の変化率の年変化。各図の右側には年間高極値の変化率 ( $TMAX^{\uparrow}_{ann}$ ) を示してある。

第9図aは  $TMIN^{\uparrow}_{ann}$  と  $\log P_{90}$  との関係を示す。両者の相関は0.29 [0.20] である。これは、 $Tmin^{\uparrow}_{ann}$  と  $\log P_{90}$  の相関が0.67 [0.53] であるのと比べて弱い。言い替えると、年間低極値の上昇率は日最低気温の平均値の上昇率に比べて人口との相関は弱い。

第9図 b, c はそれぞれ  $TMIN^{\uparrow}_{ann}$  と  $\overline{\log P^{\uparrow}}$ ,  $TMIN^{\uparrow}_{ann}$  と  $\log P^{\uparrow}$  の関係である。相関係数はそれぞれ0.10 [0.43] および0.08 [0.28] である。全60地点を対象にした統計では弱い正相関があるが、これは帯広と旭川の  $TMIN^{\uparrow}_{ann}$  と人口増加率 ( $\overline{\log P^{\uparrow}}$  および  $\log P^{\uparrow}$ ) がともに著しく大きいためであり、これらの地点を除くと相関はほとんどない。

第9図dは  $TMAX^{\uparrow}_{ann}$  と  $\log P_{90}$  との関係を示す。両者の相関は0.33 [0.28] であり、やはり  $Tmax^{\uparrow}_{sum}$  と  $\log P_{90}$  の相関 (0.53 [0.34]) よりも弱い。しかし、弱いとは言え正相関があることは、高極値の経年変化



第9図 年間低・高極値の上昇率と各人口尺度との関係。破線は1次回帰直線。

に対しても都市化の影響が働いていることを示唆する。

5.2 低極値の上昇率と夜間冷却強度との関係

夜間のヒートアイランド強度は下層の気温減率や風速に依存し、強い接地逆転と弱風状態のもとで冷え込みが強まるときほど都市による気温偏差が増すと考えられる。Fujibe (1995) は夜間の冷え込みを表す尺度として気温の日較差を取り上げたが、今回は夜間冷却の強さをもっと直接に反映する尺度として、850 hPa の気温と最低気温との差を調べた。

最低気温としては、日最低気温 ( $Tmin$ ) あるいは低極値 ( $TMIN$ ) の長期平均値を使った。これらを各地点の気候の指標にするためには、自然の気候条件を反映するよう都市化が進む前の時代の値を使うべきであると考えられる。しかし1900年代以前は資料が得られない地点もあるので、1910年代の10年平均値を採用した。10年平均値を求める際には、気温の年々変動の影響を除くため、気温の生データではなく式 (1) で求めた (a) 項の値を使った。従ってそれぞれの計算式は

$$\begin{aligned} \langle Tmin_{win} \rangle &= \sum_{j=1911}^{1920} \sum_{m=1}^2 \sum_{k=0}^K a_k(m) (j + \frac{m}{12})^k \div 20 \\ \langle Tmin_{ann} \rangle &= \sum_{j=1911}^{1920} \sum_{m=1}^{12} \sum_{k=0}^K a_k(m) (j + \frac{m}{12})^k \div 120 \\ \langle TMIN_{ann} \rangle &= \sum_{j=1911}^{1920} \sum_{k=0}^K a_k(j + 1.5)^k \div 10 \end{aligned}$$

となる。ここで  $\langle \rangle$  は10年平均値を表す。初めの2式の  $a_k(m)$  は (1) で求めた値であり、最後の式の  $a_k$  は (2) で求めた値である。なお観測場所の海拔高度による気温差を除くため、それぞれ  $5^\circ\text{Ckm}^{-1}$  の高さ補正をした。

850 hPa 気温については、気象庁の高層観測点のうち北海道～九州にある13地点の平年値 (1961～1990年の21時の冬季平均値あるいは年平均値；以下  $T_{850}$  と書く) を、次の重みつき最小2乗条件で各地点に内挿したものを使った。

$$\sum_{i=1}^{13} \exp[-(\frac{r_i}{r_0})^2] [T_{850}(i) - a_1x_i - a_2y_i - a_3]^2 \rightarrow \text{最小} \quad (3)$$

ただし  $i$  は高層観測点を表す。  $x, y$  はそれぞれ対象都市を原点とする東西・南北座標であり、

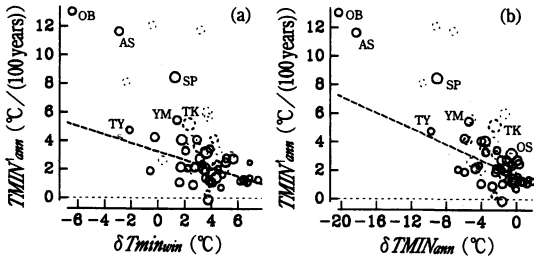
$$r_i^2 = x_i^2 + y_i^2$$

である。  $r_0$  は内挿の分解能を与えるパラメーターで、ここでは高層観測点の間隔を考慮して  $r_0 = 500 \text{ km}$  とした。  $a_1 \sim a_3$  が最小2乗係数であり、850 hPa 気温の内挿値は  $a_3$  で表される。以下  $a_3$  を  $\langle T_{850} \rangle$  と表し、  $\langle Tmin_{win} \rangle$  等と  $\langle T_{850} \rangle$  との差を  $\delta Tmin_{win}$  ( $= \langle Tmin_{win} \rangle - \langle T_{850} \rangle$ ) 等と表す。なお、  $\langle Tmin_{win} \rangle$  等と  $\langle T_{850} \rangle$  とは同時代の資料で評価するのが本筋であるが、850 hPa 気温の経年変化は  $\delta Tmin_{win}$  等の地域差に比べてはるかに小さいので、この点を問題視するには及ばない。

第10図は、  $TMIN^{\uparrow}_{ann}$  と  $\delta Tmin_{win}$  との関係および  $TMIN^{\uparrow}_{ann}$  と  $\delta TMIN_{ann}$  との関係を示す。いずれも明らかな負相関があり、相関係数はそれぞれ  $-0.51 [-0.67]$  および  $-0.58 [-0.84]$  である。全60地点のほうが相関が強いのは、帯広・旭川の  $TMIN^{\uparrow}_{ann}$  と  $\delta Tmin_{win}$ ,  $\delta TMIN_{ann}$  がともに非常に大きいためである。図は省略するが、  $TMIN^{\uparrow}_{ann}$  と  $\delta Tmin_{ann}$  との相関は  $-0.55 [-0.65]$  である。これらは、  $Tmin^{\uparrow}_{win}$  と  $\delta Tmin_{win}$  との相関 ( $-0.31 [-0.61]$ ) や、  $Tmin^{\uparrow}_{ann}$  と  $\delta Tmin_{ann}$  との相関 ( $-0.26 [-0.45]$ ) に比べて強い。このように、低極値の上昇率は日最低気温の年・月平均値に比べ、夜間冷却強度との相関が強いことが分かる。

以上の結果は、式 (3) で  $r_0 = 300 \text{ km}$  とした場合や、  $\langle Tmin_{win} \rangle$  を求める際の高さ補正を  $7^\circ\text{Ckm}^{-1}$  とした場合でもほとんど変わらない (相関係数の変化は0.01程度)。しかし  $\langle Tmin_{win} \rangle$  や  $\langle TMIN_{ann} \rangle$  を1980





第10図 年間低極値の上昇率と夜間冷却強度との関係。破線は1次回帰直線。

第3表 主成分分析(5.3節)による上位4成分の寄与率と負荷。

	$\sqrt{v_q}$	負荷			
		s=1	s=2	s=3	s=4
寄与率(%)	100.0	31.7	21.5	18.2	12.1
$TMIN^{\uparrow}_{ann}$ (°C)	1.22	0.63	0.17	-0.05	-0.01
$Tmin^{\uparrow}_{win}$ (°C)	0.71	0.16	0.33	0.08	0.09
$Tmin^{\uparrow}_{ann}$ (°C)	0.57	0.04	0.36	0.07	0.11
$TMAX^{\uparrow}_{ann}$ (°C)	0.97	0.07	0.19	0.21	0.78
$Tmax^{\uparrow}_{sum}$ (°C)	0.61	-0.08	0.21	0.12	0.54
$Tmax^{\uparrow}_{ann}$ (°C)	0.49	-0.03	0.20	0.12	0.41
$\delta TMIN_{ann}$ (°C)	3.82	-3.76	0.31	-0.06	-0.01
$\delta Tmin_{win}$ (°C)	3.18	-3.16	-0.19	-0.08	-0.01
$\delta Tmin_{ann}$ (°C)	1.48	-1.26	-0.19	-0.21	0.09
$\log P_{90}$	0.65	0.02	0.60	0.25	0.05
$\log P^{\uparrow}$	0.46	0.02	0.15	0.43	0.02

年代の値で定義すると、 $TMIN^{\uparrow}_{ann}$ と $\delta TMIn_{winn}$ の相関は $-0.32$  [ $-0.42$ ]、 $TMIN^{\uparrow}_{ann}$ と $\delta TMIN_{ann}$ の相関は $-0.22$  [ $-0.42$ ]に弱まる。このことは、かつて夜間冷却が強かった地点ほど著しく昇温した結果、近年の最低気温は自然本来の気候条件を代表しなくなってきたことを示唆する。しかし一方、弱いとは言ってもやはり負相関が存在することは、上昇率と夜間冷却強度との関係を裏づけるものでもある。

5.3 主成分分析による相関関係の整理

5.1, 5.2節では年極値の上昇率と各因子との関係を個別に検討した。得られた結果を見ると、年間低極値の上昇率は日最低気温の平均値の上昇率に比べて人口との相関が弱く夜間冷却強度との相関は強めであるなど、多様な相関関係がうかがえる。そこで、主成分分析を使ってこれらの相関関係の整理を試みた。

扱った要素は次の11個である。

- q=1:  $TMIN^{\uparrow}_{ann}$     q=7:  $\delta TMIN_{ann}$
- q=2:  $Tmin^{\uparrow}_{win}$     q=8:  $\delta Tmin_{win}$
- q=3:  $Tmin^{\uparrow}_{ann}$     q=9:  $\delta Tmin_{ann}$
- q=4:  $TMAX^{\uparrow}_{ann}$     q=10:  $\log P_{90}$
- q=5:  $Tmax^{\uparrow}_{sum}$     q=11:  $\log P^{\uparrow}$
- q=6:  $Tmax^{\uparrow}_{ann}$

主成分分析は標準36地点を対象にし、次の手順によった。地点  $i$  ( $i=1\sim N; N=36$ ) における要素  $q$  ( $q=1\sim Q; Q=11$ ) の値を  $z_{iq}$  と書く。これを次のように無次元化した。

$$Z_{iq} = (z_{iq} - \mu_q) \div \sqrt{\alpha_q v_q} \quad (4)$$

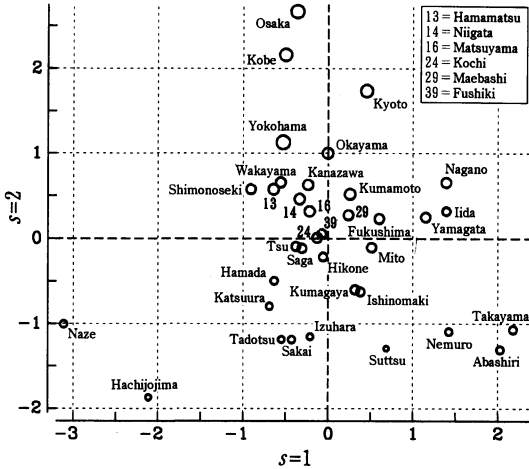
ここで  $\mu_q$  と  $v_q$  は  $z_{iq}$  の空間平均と分散であり、 $\alpha_q$  は主成分分析における各要素の重みを与えるパラメーターである。今回は、気温変化率 ( $q=1\sim 6$ )、夜間冷却強度 ( $q=7\sim 9$ ) および人口尺度 ( $q=10\sim 11$ ) の分散和を等しくするため、 $q=1\sim 6$ については $\alpha_q=6$ 、 $q=7\sim 9$ については $\alpha_q=3$ 、 $q=10\sim 11$ については $\alpha_q=2$ と

した。この  $Z_{iq}$  について、共分散行列を使って主成分分析した後、全15成分を対象にして raw varimax 法で因子回転した。

第3表は上位4成分 ( $s=1\sim 4$ ) の負荷を(4)と逆の変換で有次元量に戻して表示したものである。 $s=1$ は  $TMIN^{\uparrow}_{ann}$  と  $\delta TMIN_{ann}$  との逆符号関係が特徴であり、“強い冷え込みが起こる場所ほど低極値の上昇が著しい傾向”を表す。 $s=2$ は  $\log P_{90}$  の負荷が大きく、人口と気温上昇率との対応関係を表す。気温上昇率の負荷は、 $Tmin^{\uparrow}_{win}$  と  $Tmin^{\uparrow}_{ann}$  については人口10倍あたり ( $\log P_{90}$  の変化1あたり)で  $0.7\sim 0.8^{\circ}C / (100$  年)、 $TMIN^{\uparrow}_{ann}$  については  $0.3^{\circ}C / (100$  年) 程度である。また、 $TMAX^{\uparrow}_{ann}$ 、 $Tmax^{\uparrow}_{sum}$  および  $Tmax^{\uparrow}_{ann}$  にも人口10倍あたり  $0.3\sim 0.4^{\circ}C / (100$  年) の負荷がある。 $s=3$ は  $TMAX^{\uparrow}_{ann}$ 、 $Tmax^{\uparrow}_{sum}$  および  $Tmax^{\uparrow}_{ann}$  と人口尺度とりわけ  $\log P^{\uparrow}$  との対応を表す。 $s=4$ は気温以外の変数の負荷が小さく、人口や夜間冷却強度との相関を持たない気温のみの変動を表す。

第11図は、 $s=1$ と $s=2$ のスコアの散布図である。 $s=1$ のスコアは山形・高山など本州中部以北の内陸都市で1を超える。一方  $s=2$ のスコアは大都市で大きく、小市町村で小さい。第1図に示した都市(東京と札幌は解析の対象外)はいずれも  $s=2$ のスコア  $> 1$ 、C群の地点はスコア  $< -1$  である。

なお、主成分分析の対象要素に人口と夜間冷却強度の積 ( $\log P_{90} \times \delta TMIN$  等) を含めると、上位2成分の順序が入れ替わり、第1成分は人口と昇温率との対応、第2成分は夜間冷却強度と昇温率との対応になる。そして、第1成分では人口と夜間冷却強度の積が気温上昇率と逆符号の負荷を持つ。このことは、人口の多い



第11図 主成分分析(5.3節)による上位2成分( $s=1, 2$ )のスコアの散布図。

都市のうちでも夜間冷却の強い場所に立地するところで昇温率が大きいことを示唆する。しかし、この点を除けば第1, 第2成分の特徴はそれぞれ上記の  $s=2$  および  $s=1$  とほぼ同じである。

## 6. 議論

今回の解析により、低極値の経年上昇率は日最低気温の季節・年平均値の上昇率よりも大きいことが確かめられた。これは著しい低温時ほど都市による昇温効果が大きい傾向を表すと考えられる。また、低極値の経年上昇率には都市による差が目立ち、夜間冷却が強い場所ほど上昇率の大きい傾向が認められた。これは夜間冷却強度と都市昇温効果との関係を空間分布の面から示している。このため、中規模都市のうちでも内陸域の都市のほうが沿岸域の都市よりも低極値の上昇が著しい。

上記の事実は、大気下層の安定度の観点から解釈できよう。一般に夜間のヒートアイランドは、接地逆転層を下から侵食するように混合層を伴って形成され(例えば Oke, 1978 の Fig. 8.19), その気温偏差は接地逆転強度と正の相関がある(Landsberg, 1981 の Fig. 5.20)。冷え込みが強ければ接地逆転も強く、都市の気温偏差は大きくなると考えられる。今回の結果は、このことを反映していると思なせる。

中でも、帯広と旭川では年間低極値の上昇率が  $12^{\circ}\text{C}/(100\text{年})$  にもなり、これは大都市で観測されるヒートアイランド強度の最大値に近いが、それを上回る。また、他の都市の低極値は戦前よりも戦後の上昇が大き

いのに対し、これらの都市はむしろ戦前の上昇が著しいのが特徴である(日最低気温についても同様)。両都市とも1890年ごろから原野を開拓して作られたもので、本州の中規模都市が明治時代にすでに万単位の人口を持っていたのに比べ、環境の変化ははるかに著しい。また、北海道の内陸域は夜間冷却が特に強く、このため表面熱収支のわずかな変化が大きな気温変化に結びつく。低極値の著しい上昇は、こうした環境変化と気候条件によるものと推測される。

一方、日最低気温や低極値の上昇はグローバルな傾向であり(Karl *et al.*, 1991, 1993)、気温の上昇傾向を都市効果だけで解釈するのは危険である。例えば、北海道の低極値の上昇は近年のユーラシア北部の昇温傾向(Karl *et al.*, 1991; Nitta and Yoshimura, 1993)とある程度まで関連しているかも知れない。しかし、旧ソ連を平均した年間低極値の上昇率は  $1.6^{\circ}\text{C}/(100\text{年})$  (1936~1986年の値)あるいは  $3.9^{\circ}\text{C}/(100\text{年})$  (1951~1986年の値)であり、これに比べて帯広や旭川の上昇率は数倍大きい。また、北海道の内陸域では近年でも  $-40^{\circ}\text{C}$  以下の気温が観測されている(例えば1977年と1978年に幌加内町で観測)。これらの事実から、帯広や旭川の気温上昇は主として都市化によるものと考えられる。本州の内陸地点についても年間低極値の上昇は都市化による部分の大きいと推測されるが、残念ながら今回の対象地点の中には都市化の影響を受けない内陸地点はなく、グローバルな変動をきちんと評価することは今後の課題である。

今回の結果によれば、高極値もまた、日最高気温の季節・年平均値に比べて変化率が大きい。暖候期の関東平野では東京周辺から内陸域にかけて広域にわたる昇温傾向があり、昇温率は晴天日に著しいことが見出されている(Fujibe, 1994)。このような変化は数値実験でも予想されており(Kimura and Takahashi, 1991; 高橋・木村, 1991)、都市地表面の蒸発効率が低下したことによる熱収支の変化によるものと考えられる。今回の結果はこうした“晴天日の昼間の都市昇温”を一般的に示すようにも見えるが、昼間のヒートアイランドについてはまだ知識が少なく、沿岸水温の変化の影響なども考えられるので(Fujibe, 1996)、踏み込んだ解釈はさし控えたい。

## 7. まとめ

約100年間の気温の年間・月間極値資料を収集し、その経年変化率を調べ、以下の結果を得た。

1) 年間低極値の上昇率は、大都市のほか内陸域の都市でも大きい。沿岸の中規模都市では上昇率が $1 \sim 2^\circ\text{C}/(100\text{年})$ にとどまるのに対し、東京では $5^\circ\text{C}/(100\text{年})$ 、内陸の中規模都市では $4^\circ\text{C}/(100\text{年})$ 程度であり、帯広と旭川では $12^\circ\text{C}/(100\text{年})$ 前後に達する。冬の月間低極値の上昇率もこれと同程度であるが、夏の月間低極値の上昇率はこれよりも小さい。

日最低気温の冬季平均値や年平均値と比べると、年間低極値のほうが上昇率が大きい傾向があり、対象地点全体の平均では1.6~1.7倍である。

2) 年間高極値の上昇率はいくつかの都市で $2^\circ\text{C}/(100\text{年})$ を超える程度にとどまる。しかし、日最高気温の夏季平均値や年平均値の変化率に比べれば、平均1.5~1.7倍大きい。

3) 年間低極値の変化率は市町村人口の対数と正相関があるが、日最低気温(冬季・年平均値)と人口との相関ほど強くはない。年間高極値についても同様である。一方、年間低極値の上昇率は夜間冷却強度と強い正相関があり、局地気候条件に大きく依存することがうかがえる。

## 謝 辞

磁気テープ資料は気象庁統計室が作成したもの(うち一部は気象研究所電子計算機室から入手)を利用した。一部の図の作成には気象研究所の HITAC S-3800 計算機を使った。

## 参 考 文 献

- Balling, R. C. Jr., J. A. Skindlov and D. H. Phillips, 1990: The impact of increasing summer mean temperatures on extreme maximum and minimum temperatures in Phoenix, Arizona, *J. Climate*, **3**, 1491-1494.
- Fujibe, F., 1994: Long-term falling trends of pressure over the Kanto plain as evidence of increasing heat content in the lower atmosphere in the daytime of the warm season, *J. Meteor. Soc. Japan*, **72**, 785-792.
- Fujibe, F., 1995: Temperature rising trends at Japanese cities during the last hundred years and their relationship with population, population increasing rates and daily temperature ranges, *Pap. Meteor. Geophys.*, **46**, 35-55.
- Fujibe, F., 1996: Boundary layer features of the 1994 hot summer in Japan, *J. Meteor. Soc. Japan*, **74**, 259-272.
- Karl, T. R., P. D. Jones, R. W. Knight, G. Kukla, N. Plummer, V. Razuvayev, K. P. Gallo, J. Lindsey, R. J. Charlson and T. C. Peterson, 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., G. Kukla, V. N. Razuvayev, M. J. Changery, R. C. Quayle, R. R. Heim, Jr., D. R. Easterling and C. B. Fu, 1991: Global warming: Evidence for asymmetric diurnal temperature change, *Geophys. Res. Lett.*, **18**, 2253-2256.
- Kimura, F. and S. Takahashi, 1991: The effect of land-use and anthropogenic heating on the surface temperature in the Tokyo Metropolitan area: A numerical experiment, *Atmos. Environ.*, **25B**, 155-164.
- Landsberg, H. E., 1981: *The Urban Climate*, Academic Press, 275 pp.
- Mearns, L. O., R. W. Katz and S. H. Schneider, 1984: Extreme high-temperature events: Changes in their probabilities with changes in mean temperature, *J. Climate Appl. Meteor.*, **23**, 1601-1613.
- 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.
- Nitta, T. and J. Yoshimura, 1993: Trends and interannual and interdecadal variations of global land surface air temperature, *J. Meteor. Soc. Japan*, **71**, 367-375.
- Oke, T. R., 1978: *Boundary Layer Climates*, Methuen, 372 pp.
- 太田弘彦, 1994: 環境変化による低極値の上昇, *東京管区地方気象研究会誌*, **27**, 267-268.
- 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*, **67A**, 561-574.
- 仙台管区気象台, 1986: 東北地方の気候(資料編その1), 104 pp.
- 高橋俊二, 木村富士男, 1991: 都市気候を表現する局地気候モデルの開発と応用, 平成3年度気象研究所研究発表会誌, 44-51.
- 東京管区気象台, 1987: 累年極値表(解説資料第14号), 166 pp.

---

## Long-Term Change of Extreme Temperatures at Urban Meteorological Stations in Japan.

Fumiaki Fujibe\*

\* *Forecast Research Department, Meteorological Research Institute, Tsukuba  
305, Japan.*

(Received 15 March 1996; Accepted 18 September 1996)

---



### 海洋理工学会平成9年度春季大会開催のお知らせ

**目 的**：海洋の理学と工学の複合領域に関するシンポジウムを開催し、新技術開発・研究を促進させ、他分野の研究者、技術者の交流の機会を提供することを目的とする。

**期 日**：平成9年4月18日（金）～19日（土）

**場 所**：東京水産大学（東京都港区港南4-5-7、  
JR品川駅徒歩約5分）

**代表者**：杉森康宏（東海大学海洋学部）

**内 容**：海洋理工学会に関する講演会ならびにシンポジウム

プログラムは3月中に配布致します。

**参加予定者**：約100名

**協賛予定学協会**：

日本海洋学会、日本水産学会、日本気象学会、応用物理学学会、電気学会、航空宇宙利用水産研究会、電子情報通信学会、テレビジョン学会、計測自動制御学会、日本機械学会、日本造船学会、海洋調査技術学会

**参加費**：日本気象学会会員：3,000円（一般：3,500円）

**事務局（連絡先）**

〒424 静岡県清水市折戸3-20-1

東海大学海洋学部海洋工学科内

海洋理工学会事務局 千賀康弘

TEL 0543-34-0411 Ext. 3424

---