

# 日本の諸都市における近年の気温変化と 気圧配置・人口密度との関係\*

吉野正敏\*\*・甲斐啓子\*\*

## 要旨

日本の73の都市における月平均気温および月平均最低気温の最近の変化について調べた。1951～60年の10年平均値と1921～50年の30年平均値との差 ( $t_{50}$ )、および、1961～70年の10年平均値と1951～60年の10年平均値 ( $t_{60}$ ) との差を求め、気圧配置の出現頻度の変化や、人口密度との関係を調査した。冬型気圧配置や、移動性高気圧型の出現頻度が増加しているため、夏を除いて  $t_{60}$  は負になっており、夏型気圧配置の頻度の増加のため  $t_{60}$  は7・8月は正になっている。また、日本を7地域に区分して、各地域平均の  $\bar{t}_{50}$ ,  $\bar{t}_{60}$  とそれぞれの都市の差  $\Delta t_{50}$ ,  $\Delta t_{60}$  を求め、これと人口密度の平方根  $\sqrt{d}$  との直線関係を求め、その係数を論じ、中・小都市と大都市の差を示した。

## 1. まえがき

日本の諸都市における気温の変化については、最近、次のことを明らかにした (吉野・中村1973)。すなわち、19世紀末から最近までをみると上昇しており、5月と11月が最もはっきりしている。また、1951～60年は日本各地の都市で上昇し、1部の都市を除き  $0.08^{\circ}\text{C}/\text{年}$  の上昇率を示した。しかし、1961～70年には東京を除いて、日本各地で下降を示した。これらは、マクロスケールの気候変化に都市の影響が加わったものであると考えられる。東京は1961～70年にも気温上昇を示した日本における唯一の都市である。

次に、1951～60年の10年間と、1921～50年の30年間の年平均気温・月平均気温・月平均最低気温をそれぞれ比較し、日本の諸都市では1～5月、10～12月に明瞭に気温が上昇していることを明らかにした (吉野1973)。また同じ比較を1961～70年と1951～60年についても行った。その結果、1951～60年は高温になり、その後の10年間は低温になった。その差は内陸と海岸または北海道などにおいて地域的特性があることがわかった。

また、福井 (1973) によると、冬の気温は、1941～60年には上昇傾向を日本全国で示し、1961～70年には下降傾向を示している。また人口50万以上の都市はその低温

化傾向を示さない。気温上昇率と人口との関係は人口50万を境として、大きくちがいが、50万以上では人口増加と気温上昇率は関係なく、ほぼ一定にとどまる (福井1968)。

今回の調査は、以上のような基礎の上にならって、日本の都市の気温変化と気圧配置型の出現頻度の変化や人口との関係をさらに詳しく調べたものである。

## 2. 資料

気温については、1951～60年の10年間の平均は、気象庁 (1969) : 気象庁観測技術資料第32号, 181 P. を使用した。1961～70年については各月の気象庁月報を使って10年平均値を求めた。日本全部で73地点について計算した。

人口については、内閣統計局の資料によった。今回使用したのは、(1951～60年) - (1921～50年) の場合には、1955年の人口を、(1961～70年) - (1951～60年) の場合には、1960・1965・1970年の平均の人口を使った。

また、気圧配置の頻度は、前に求めた1946～1955年の気圧配置ごよみ (吉野・菅沼1967)、1956～1965年の気圧配置ごよみ (吉野・福岡1967) を使い、1966年以降については今回新しく「天気図5年集成」 (日本気象協会1971) を使用してごよみを作った。また、冬型気圧配置 (吉野1967 a) と夏型気圧配置 (吉野1967 b) については、それぞれの集計結果を利用した。移動性高気圧型について今回新しくごよみを作った。

\* Change of Air Temperature in Japanese Cities in the Recent Years and Its Relation to the Synoptic Weather Patterns and Population

\*\* M. Yoshino, K. Kai 法政大学地理学教室  
—1973年7月5日受理—

第1表 冬型・移動性高気圧型・夏型の気圧配置の出現頻度(単位は日)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12月	年
I型(冬型)													
1921~50年	14.1	10.4	5.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	5.8	11.2	49.3
1951~60年	13.9	9.3	5.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	6.0	12.5	49.7
1961~70年	15.9	10.8	5.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.2	6.4	11.3	52.6
III型(移動性高気圧型)													
1921~50年	6.0	7.2	14.7	16.2	16.6	8.3	1.1	3.0	11.1	15.8	14.2	8.7	122.9
1951~60年	5.0	7.2	12.1	15.6	15.0	7.1	3.7	3.7	10.2	14.9	13.5	8.7	116.1
1961~70年	7.2	8.8	14.6	15.4	15.9	9.1	2.7	3.2	10.7	16.2	13.7	10.3	127.8
V型(夏型)													
1921~50年	0.0	0.0	0.2	1.4	1.5	2.5	10.4	10.3	1.9	0.7	0.0	0.0	28.3
1951~60年	0.0	0.0	0.4	0.6	0.6	1.1	8.5	10.2	1.9	0.2	0.0	0.0	23.6
1961~70年	0.0	0.0	0.1	1.3	1.5	2.3	13.7	13.3	2.6	0.0	0.0	0.0	34.8

第2表 各地域に含まれる都市名

地域	地点名	地点数
I	稚内・旭川・網走・札幌・帯広・根室・寿都	7
II	青森・盛岡・山形・福島・高山・長野・豊岡・浜田・京都	9
III	松本・宇都宮・前橋・熊谷・岐阜・名古屋・静岡・飯田・横浜・甲府・東京	11
IV	神戸・洲本・広島・和歌山・松山・多渡津・徳島・大阪	8
V	下関・福岡・佐賀・大分・長崎・熊本・鹿児島・宮崎	8
VI	宮古・石巻・仙台・小名浜・水戸・銚子・勝浦・浜松・潮ノ岬・高知・宇和島・室戸岬	12
VII	秋田・相川・新潟・高田・伏木・金沢・福井・敦賀・松江	9
その他	釧路・室蘭・函館・筑波山・富士山・八丈島・伊吹山・岡山・厳島・温泉岳	10

### 3. 気圧配置型の出現頻度の変動との関係

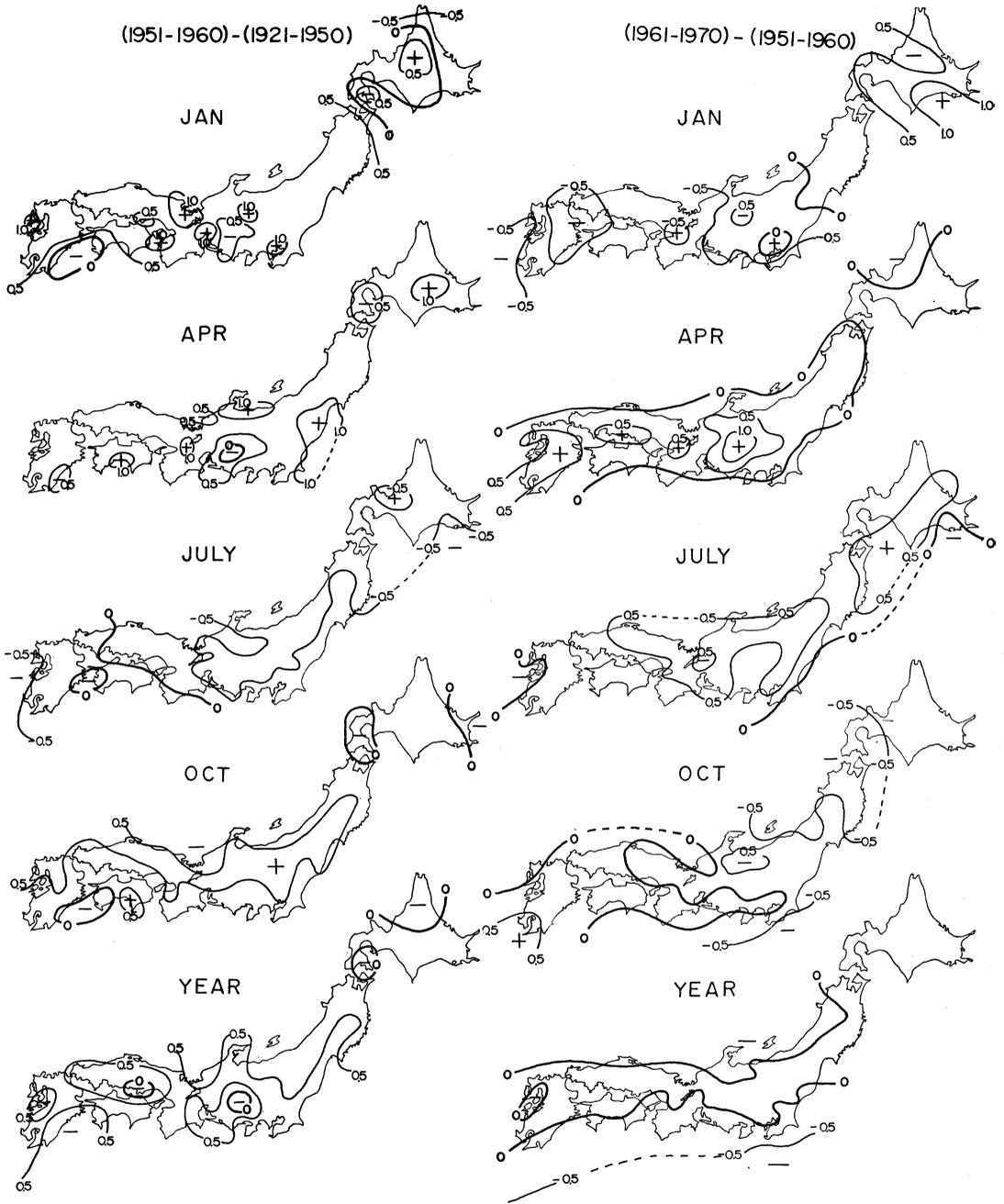
第1表には、冬型気圧配置(I型)、移動性高気圧(III型)、夏型気圧配置(V型)の1921~50年, 1951~60年, 1961~70年のそれぞれ平均の出現頻度を示す。

10年平均の気温差の分布図のうち、1・4・7・10月および年平均について第1図と第2図に示すが、この日本全体の低温化・高温化は、この第1表の数字によって極めてよく説明される。例えば、1月の月平均気温・月平均最低気温の(1951~60)-(1921~50), (1961~70)-(1951~60)の分布図は、(1951~60)-(1921~50)の場合ではほぼ日本全域に正で0.5~1.5°Cを示している。つまり、第1表の冬型の出現頻度が1951~60年に減少して温暖化したことを意味する。また、(1961~70)-(1951~60)の分布図は北日本を除いて負で、0~-1.0°Cを示しているが、これは第1表の冬型の出現頻度が1月

に増加したことに対応している。

また、4月には、(1961~70)-(1951~60)は月平均気温も月平均最低気温も海岸部を除いて正で0~+0.5°C上昇したが、これは移動性高気圧型や夏型の出現がやや多くなっていることに対応している。

7月・8月の月平均気温は、(1951~60)-(1921~50)には九州・四国を除いて負で、0~-1.0°C(1961~70)-(1951~60)には正で0~0.5°Cを示している。これは、夏型の出現頻度が1951~60年には少なくなったことに対応している。特に1961~70年には夏型の出現頻度が多くなって高温になったことが明らかである。しかし、月平均最低気温は、いずれの期間の気温差についても大きな特徴はなく、夏型気圧配置はこれと大きな関連をもっていないようである。おそらく日中の気温により大きな関係をもっているのであろう。

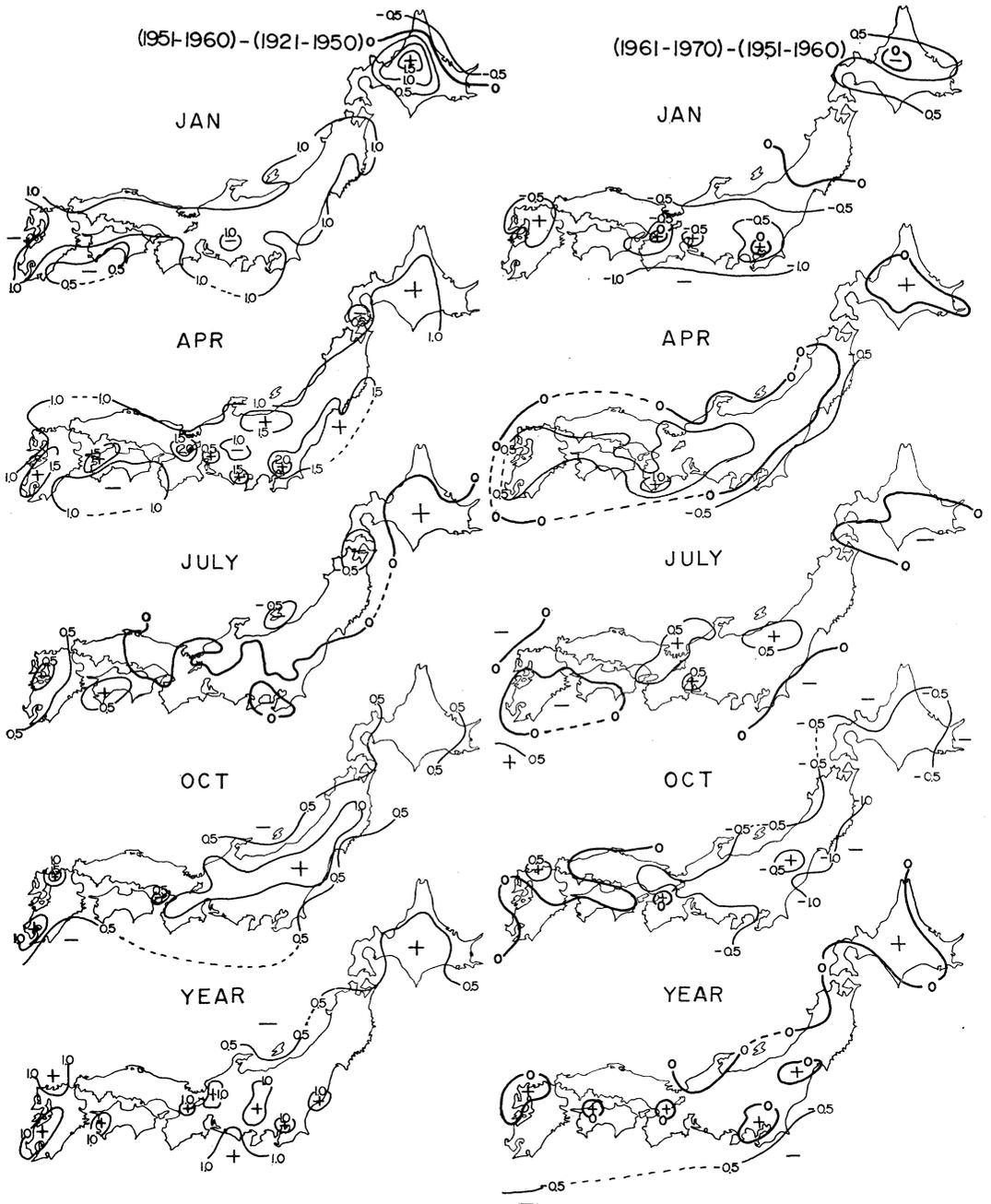


第1図 1・4・7・10月の月平均気温と年平均気温の(1951~1960)―(1921~1950)の差, および, (1961~1970)―(1951~1960)の差の分布。

10月・11月は移動性高気圧型の出現頻度が1961~70年に増加した。一部を除いて、0~-0.5°Cの低温化を示しているが、これの原因になっているものと考えられ

る。

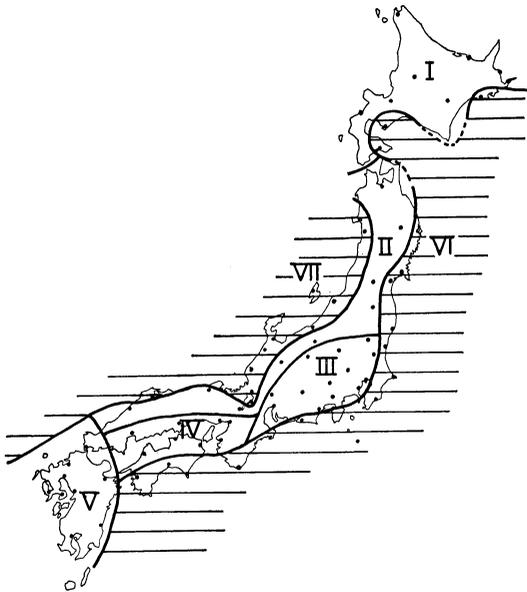
以上を要するに、1961~70年になって1~2月の冬型気圧配置、7~8月の夏型気圧配置、および7・8月を



巻2図 1・4・7・10月の月平均最低気温と年平均最低気温の(1951~1960)-(1921~1950)の差、および、(1961~1970)-(1951~1960)の差の分布。

除いた各月の移動性高気圧型はいずれも増加した。その結果、7・8月に気温が上昇した他は、各月とも気温が下降したと考えられる。

なお、先に示したように、1961~70年の10年間における年平均気温は、東京を除いて下降を示し、0.04~0.10°C/年の割合で下降傾向にあることを示した。また、福



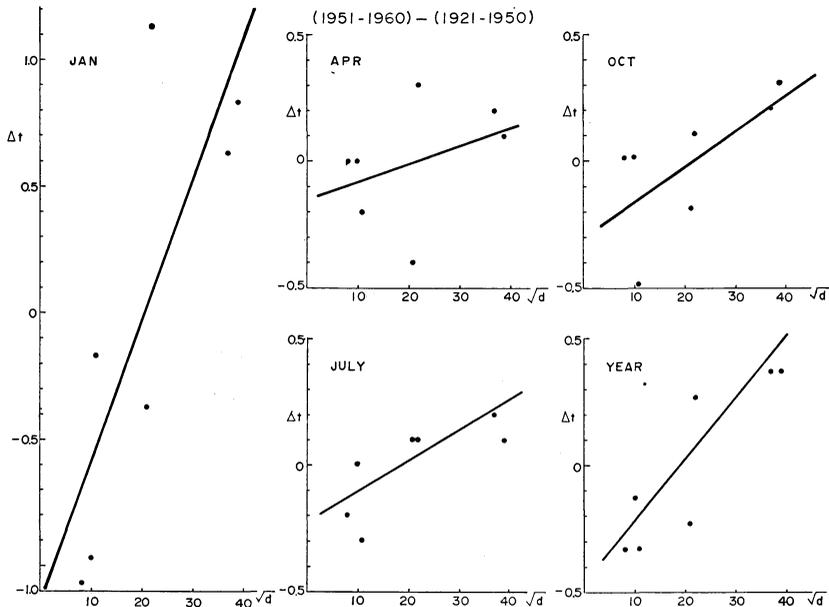
第3図  $\Delta t$  と  $\sqrt{d}$  との関係を地域別に求めたときの地域区分図。

井(1973)によれば、冬(12~3月),夏(6~9月)ともに1960~70年の間は傾向示数を求めると、下降を示すという。ただし、ここで使った傾向示数は鈴木(Suzuki 1968)が使ったものである。

これらの結果と、上記の7・8月の気温が上昇したという結果とは、相反するようであるが、今回扱っているのは10年の平均値であって、10年間の中の傾向ではない。仮に、7・8月の気温を1951~60年と1961~70年について比較した場合、後者の平均値は前者より高くても、後者の1961~70年の中においては下降傾向をとることはありうるであろう。

4. 人口密度との関係

これまでの研究結果(Fukui 1957)によると、都市の気温上昇と人口との関係は次の通りである。(i) 1900~1940年の年平均気温差( $\Delta t$ )と、1900年の人口( $n_1$ )と1940年の人口( $n_2$ )から求めた $\sqrt{p}$ ( $=\sqrt{n_2} - \sqrt{n_1}$ )との間にはほぼ直線関係がある。ただし、1940年に人口20万以上の人口があって、均一な気候値がえられる8都市について求めたものである。(ii) 1936~1965年の30年間の年平均気温の上昇量( $\Delta\theta$ )と、1965年と1935年の人口の差を $\Delta P$ とすると、 $\Delta\theta$ と $\sqrt{\Delta P}$ とはほぼ直線関係にある。ただし、ここでは人口50万以上

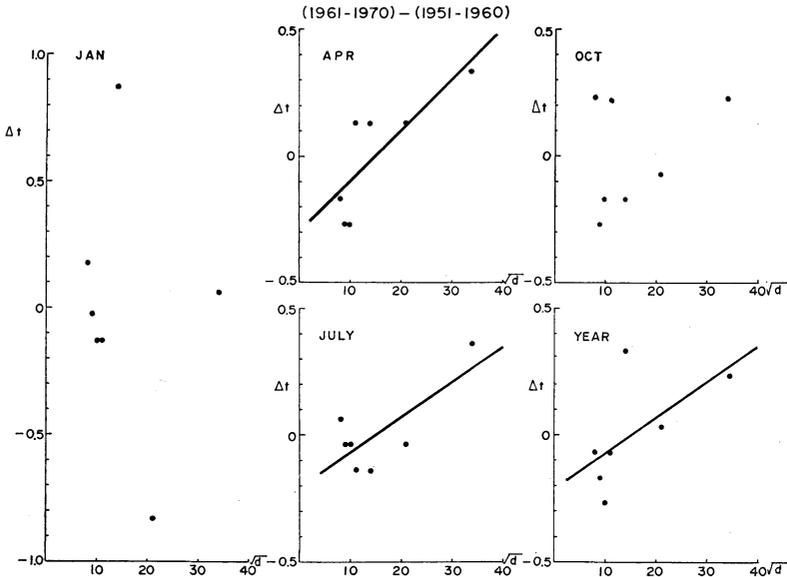


第4図 地域I(北海道)における $\Delta t$ と $\sqrt{d}$ との関係。(1951~1960)~(1921~1950)の場合。

第3表  $\Delta t$  と  $\sqrt{d}$  の相関有意水準および直線式  $[\Delta t = a\sqrt{d} + b]$  の  $a$  と  $b$  の値 (有意水準 \* 0.10, \*\* 0.05, \*\*\* 0.01)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
地域Ⅰ													
(1951~60)~(1921~50)	***	**	***	**	*	***	***	*		**		***	***
a	0.054	0.035	0.038	0.007	0.012	0.020	0.011	0.017		0.014		0.036	0.022
b	-1.140	-0.738	-0.803	-0.145	-0.249	-0.422	-0.233	-0.355		-0.300		-0.758	-0.463
(1961~70)~(1951~60)				***	**		**	***			***	***	*
a				0.020	0.022		0.014	0.041			0.023	0.018	0.014
b				-0.304	-0.337		-0.211	-0.625			-0.356	-0.274	-0.212
地域Ⅱ													
(1951~60)~(1921~50)			***	***	***	***	**	***	**	***	***		***
a			0.023	0.029	0.022	0.021	0.021	0.032	0.024	0.025	0.020		0.019
b			-0.567	-0.719	-0.547	-0.518	-0.518	-0.795	-0.590	-0.624	-0.493		-0.466
(1961~70)~(1951~60)				*	*							***	**
a				0.014	0.013							0.022	0.009
b				-0.338	-0.312							-0.533	-0.216
地域Ⅲ													
(1951~60)~(1921~50)			***	**	***	*				*		*	***
a			0.006	0.006	0.007	0.004				0.006	0.006	0.008	0.006
b			-0.274	-0.276	-0.366	-0.155				-0.270	-0.270	-0.364	-0.271
(1961~70)~(1951~60)	***	**	**				***	***	*	***	***	***	***
a	0.008	0.010	0.006				0.004	0.004	0.003	0.009	0.009	0.011	0.004
b	-0.378	-0.474	-0.299				-0.182	-0.183	-0.136	-0.435	-0.435	-0.521	-0.176
地域Ⅳ													
(1951~60)~(1921~50)			***	*					**	**	**		**





第5図 地域Ⅰ(北海道)における $\Delta t$ と $\sqrt{d}$ との関係。(1961~1970)―(1951~1960)の場合。

の都市と均一な気候値がない地点を除いて、30都市の値で関係を求めた(福井1968, Fukui 1969)。(iii) 都心の最暖地点から郊外へ向って $1^{\circ}\text{F}$ 低下するに要する距離(マイル)とその都市の人口 $P$ の平方根 $\sqrt{P}$ とはほぼ比例する。ただし、これはアメリカのサンフランシスコ・サンホセ・バロアルトの3都市についての研究結果である(Duckworth et al. 1954)。

以上のようなこれまでの結果の上にたつて、気温と人口との関係を求めた。まず、気温については、月平均最低気温について次のような整理を行った。(1951~60)―(1921~50)年の値( $t_{50}$ )と(1961~70)―(1951~60)年の値( $t_{60}$ )とを各都市について求めてあるが、上記のように、この値にはマクロスケールの気候変動の影響が含まれている。ここで、その影響をとり除くため、日本をこれまでの気候区分と $t_{50}$ の分布、 $t_{60}$ の分布の特性(吉野1973)を考慮して、第3図の通り地域区分した。そして、各都市の $t_{50}$ 、 $t_{60}$ とのそれぞれの都市の属する地域平均の $\bar{t}_{50}$ 、 $\bar{t}_{60}$ との偏差 $\Delta t_{50}$ 、 $\Delta t_{60}$ を各都市について求めた。この $\Delta t_{50}$ 、 $\Delta t_{60}$ がそれぞれの都市固有の値であるとした。

次に、人口については次のような整理を行った。先にこれまでの結果(i)~(iii)に示したように、人口の平方根・都市の大きさなどと関連があると言われているの

で、ここでは人口の平方根( $\sqrt{P}$ )、および人口密度の平方根 $\sqrt{d}$ とを各都市について求め、それとの関係を調べた。結果としては $\sqrt{P}$ よりも $\sqrt{d}$ の方が関係が密であったので、ここでは $\sqrt{d}$ との関係のみについて述べる。なお、 $\Delta t_{50}$ との関係は、1955年の $\sqrt{d_{55}}$ の値を使用し、 $\Delta t_{60}$ との関係は1960・1965・1970年の平均人口密度の $\sqrt{d_{65}}$ を使用した。

なお、第3図に示したそれぞれの地点は第2表に示す通りである。

結果のうちの一例として、第4図と第5図に、地域Ⅰの場合を示した。第4図は $\sqrt{d_{55}}$ と $\Delta t_{50}$ との関係を、1・4・7・10月の場合について示したものである。各地域について、1月から12月および年について相関係数の有意水準を示すと第3表の通りとなる。月によって有意な相関が認められない場合があるが、その理由は目下のところ不明である。データに何らかの問題があるのではないかと思われるが、詳細は今後の研究にまかせない。

そこで、直線の式 $\Delta t = a\sqrt{d} + b$ の $a$ と $b$ を最小2乗法で求め、地域別に月別に示したのが第3表である。この表からわかることは、一般的に言って、地域Ⅰ、Ⅱ、Ⅴが大きな値の係数を示すことである。地域ⅢとⅣは大都市が多く、福井の結果(福井1973)にあるよう

に人口50万以上の都市を除けば、もう少し大きな係数が  
 できるかもしれない。

地域Ⅲの $\Delta t_{60}$ の5月、地域ⅥとⅦの $\Delta t_{50}$ の11月、  
 地域Ⅶの $\Delta t_{60}$ の11月には負の値がでているが、これは  
 係数が小さく、 $\Delta t$ は $\sqrt{d}$ とはほとんど関係がない  
 ことを意味している。地域ⅥもⅦも海岸地域で、これら  
 のところでは11月には都市気温の効果は現われていない  
 ものと考えられる。

なお、図4と図5をみると、 $\Delta t=0$ 、すなわち地域平均  
 の $\Delta t$ の値の上下で、直線は折れるようにみること  
 できる。すなわち、 $\Delta t < 0$ の部分では $\sqrt{d}$ は急に  
 上昇し、 $\Delta t > 0$ の部分で $\sqrt{d}$ はゆるやかに上昇す  
 る。これはやはり大都市と中・小都市では両者の関係が  
 異なるためではなからうか。

## 5. 要約

月平均最低気温の1951~60年の10年平均値と1921~50年  
 の30年平均値との差( $t_{50}$ )、および1961~70年の10年平均  
 値と1951~60年の10年平均値の差( $t_{60}$ )を日本の70  
 地点余りについて求め、気圧配置型の出現頻度の差およ  
 び人口密度との関係から考察した。最近の10年は夏を除  
 く他の月の気温が低下している。すなわち $t_{60}$ は負にな  
 っているが、これは冬型の気圧配置型、移動性高気圧型  
 の出現頻度が増加していることと対応している。逆に、  
 7・8月には $t_{60}$ は正になっているが、これは夏型気圧  
 配置の出現が多くなり、月平均気温は高くなっているこ  
 とを物語っている。

また、日本を7地域に区分して、各地域の平均と各  
 都市の $t_{50}$ または $t_{60}$ の差、 $\Delta t_{50}$ と $\Delta t_{60}$ を計算  
 し、この値と人口密度の平方根 $\sqrt{d}$ との関係を求め  
 た。北海道・日本海側(ただし海岸部を除く)・九州な  
 どは、 $\sqrt{d}$ が増加すると $\Delta t$ は比較的急に増加す  
 る。関東地方と中部地方・近畿瀬戸内など(ただし海岸  
 部を除く)は緩やかに増加する。海岸部は特に11月には  
 $\Delta t$ は $\sqrt{d}$ と関係はないようである。

謝辞 資料の収集・計算を大作愛子さんに手伝って  
 いただいた。また1966~1970年の気圧配置ごよみの作成を  
 星野光子さんと野元世紀君に手伝っていただいた。記し  
 て感謝する次第である。またこの研究は昭和47年度文部  
 省科学研究費(特定研究、代表者山本義一、研究課題  
 「人為的原因による気象・気候の変化の研究」)の成果  
 の一部である。

## 文 献

- 1) Duckworth, F.S. and J.S. Sandberg: (1954):  
 The effect of cities upon horizontal and vertical  
 temperature gradients. Bull. Amer. Met. Soc.  
 35, 198-207.
- 2) Fukui, E. (1957): Increasing temperature  
 due to the expansion of urban areas in Japan.  
 Jour. Met. Soc. Japan, 75 th Ann. Volume  
 336-341.
- 3) 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.
- 4) Fukui, E. (1969): The recent rise of tempe-  
 rature in Japan. Sci. Rep. Tokyo Kyoiku  
 Daigaku Sec. C., 10(97) 145-164.
- 5) 福井英一郎 (1973): 日本における最近の低温  
 化の傾向とその動的考察。地理学評論, 46(4),  
 231-244.
- 6) 日本気象協会 (1971): 1966~70年天気図5年  
 集成, 155 p.
- 7) Suzuki, E. (1968): Secular variation of the  
 rainfall. Papers in Met. Geoph. 19, 363-399.
- 8) 吉野正敏・福岡義隆 (1967): 気圧配置ごよみ  
 (1), 災害科学研究会プリント。
- 9) 吉野正敏・菅沼 繁 (1967): 気圧配置ごよみ  
 (2), 災害科学研究会プリント。
- 10) 吉野正敏 (1967 a): 同上 (3), 同上。
- 11) 吉野正敏 (1967 b): 同上 (4), 同上。
- 12) 吉野正敏・中村俊郎 (1973): 日本の諸都市に  
 おける気温の変化 I (都市気候調査3), 災害  
 科学研究会プリント。
- 13) 吉野正敏 (1973): 同上 II (都市気候調査4),  
 同上。