

累年月別平均気温の季節変化の型について
— わが国と外国との比較 —

尾崎 睿子* ・ 菅原 正巳**

国立防災科学技術センター

**On the Seasonal Pattern of Means of Monthly Mean
Temperatures over a Long Period (30 years)**
— Comparison between Japan and Other Countries —

By

E. Ozaki and M. Sugawara

National Research Center for Disaster Prevention, Japan

Abstract

Statistical analyses were made under the expectation that the areal temperature distribution is rather more homogeneous and uniform in Japan than in other parts of the world.

Means of monthly mean temperatures recorded over the past thirty years at eighty stations in Japan were the source material. Each monthly pattern is normalized by subtracting its annual mean and by division by standard deviation. The pattern obtained was called TN, the normalized temperature pattern of each station. The mean of TNs for eighty stations in Japan was called TNM, the mean of TN, which is considered as the standard pattern for Japan. The differences (DTN) between each TN and the standard pattern TNM are shown in Fig. 2.

The same procedure was applied to some stations in Korea, which is near Japan, and in Britain and New Zealand, which are islands in middle latitude. The difference DTN was calculated using the standard pattern TNM of Japan. The patterns of DTN obtained are shown in Fig. 3. The results show that these regions are not similar to Japan.

The same procedure was applied using the proper standard pattern TNM

* 第4研究部計測研究室 ** 元所長,

for each region, Korea, Britain, New Zealand or Middle Europe. The standard patterns of TNM obtained are shown in Table 4 and the patterns of DTN obtained are shown in Fig. 4.

These results show that the expectation at the start is probably correct.

1. はじめに

いままで、多くのわが国の積雪地域河川の流出計算が行われて来たが、その際、入力的气温としては1地点だけの資料が用いられることが多かった。降水量については、地点による大きな変動があるため、1地点の降水量ではよい結果が得られないことが多いのに対し、気温については、1地点だけの資料から、場合によっては流域外の1地点の気温を使っても、よい結果が得られて来た。雨量観測資料に較べて、一般に気温資料の方が少ないので致し方なく、このようなことになったのであった。

ところが、先般行われた「融雪流出の概念モデルの相互比較」で与えられたいくつかの流域では、地点による気温の変動が大きく、気温についても何地点かの資料を用いないとよい結果が得られなかった(菅原ら, 1983)。わが国の河川の流出の計算から得られていた従来の見解、「気温は地点による変動が少く、一様である」は、海外では通用しないらしい。

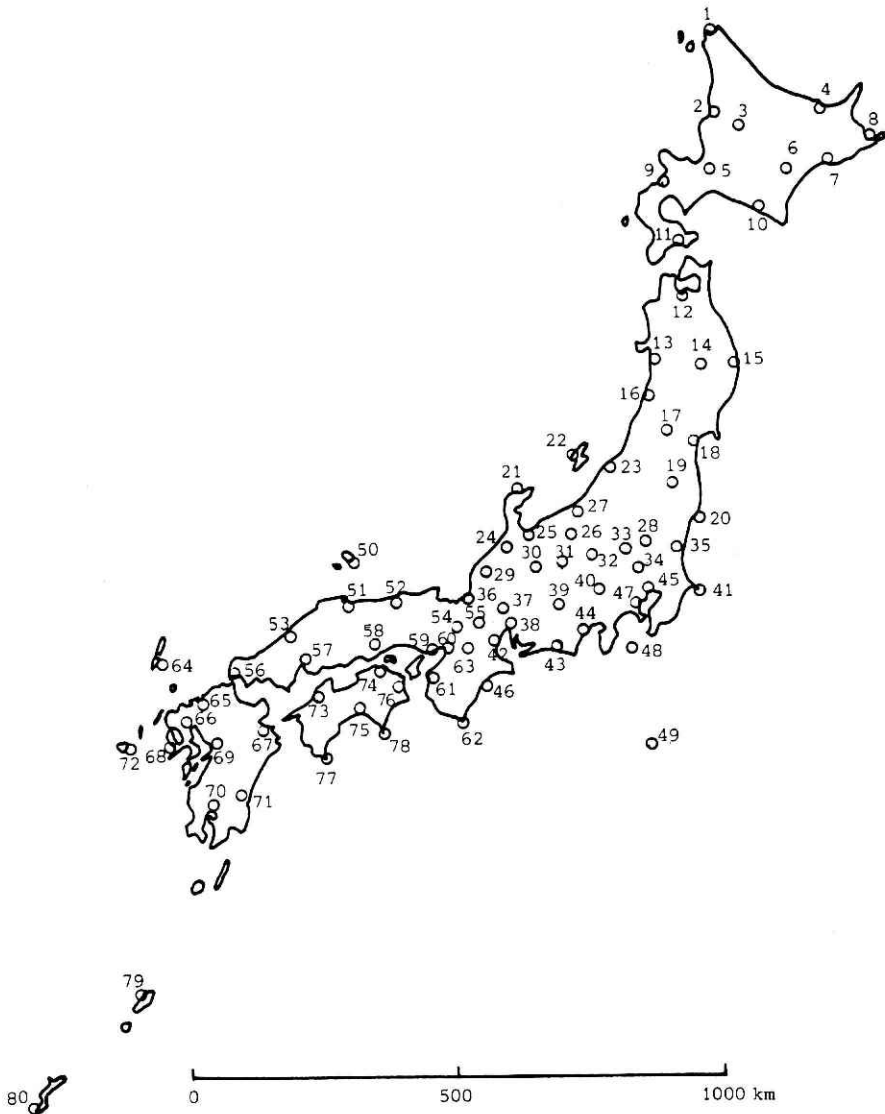
わが国の気温が、地点による変動をあまり示さないらしいことは、次の経験からもわかる。融雪出水は各河川はほぼ同時に始まり、似た経過をたどるのである。

果たして、わが国の気温は地域的にあまり変動しないか、海外と比較してどのくらい違うかを、統計的に調べてみることにした。

2. 累年月別平均気温の季節変化の型

2.1 用いた資料

資料はすべて理科年表(昭和59年版)による。1951年~1980年の30年の月別平均気温である。資料として用いたわが国の80地点を図1(a)が示す。わが国の気温の地点変動が海外の諸地域と比較して小さいとしたら、それは島国であることによるのではないかと考え、中緯度の島国として、イギリスとアイルランドから5地点、ニュージーランドの4地点、およびわが国に近い地点として韓国の3地点を対象地点に加えた。さらに島国と対比する意味で、ヨーロッパ大陸中部の14地点を対象に選んだ。これらの地点は図1(b)~(d)に示されている。これらの地点のデータも理科年表(昭和59年版)からとった。ニュージーランドを除く他の地点は1931年~1960年の30年の月別平均気温である。(ニュージーランドは地点によって異なる。) 図1に見るように、日本、イギリス、ニュージーランド、ヨーロッパ中部に分布する各地点のそれぞれの分布範囲は、ほぼ同程度である。



(a) 日本 (80 地点)

(a) Eighty stations in Japan

図 1 資料として用いた地点

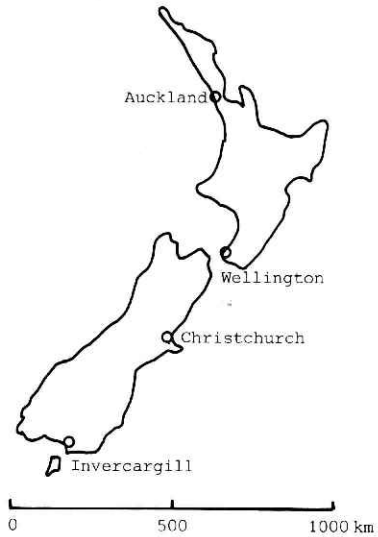
Fig. 1 Stations, temperature data from which were used as sources



(b) イギリス、アイルランド（5地点）およびヨーロッパ大陸中部（14地点）
(b) Five stations in Britain and fourteen stations in Middle Europe



(c) 韓国（3地点）
(c) Three stations in Korea



(d) ニュージーランド（4地点）
(d) Four stations in New Zealand

図1 つづき
Fig. 1 Continued

2.2 正規化

各地点の月別平均気温の季節変化の型を比較するために、まずその平均値を引き、その標準偏差で割って、正規化する。それをTNで表わす。表1は各地点の平均値と標準偏差

表1 月別平均気温の平均値と標準偏差
 Table 1 Mean and standard deviation of the seasonal pattern of monthly mean temperatures, which is the long term (30 years) mean of monthly mean temperature

(単位 °C)									
地 点	平均値	標準偏差	地 点	平均値	標準偏差	地 点	平均値	標準偏差	
1 稚内	6.3	8.505	41 銚子	15.2	6.424	江 菱	12.1	8.620	
2 留萌	7.3	8.802	42 津	15.0	7.699	仁 川	11.1	9.779	
3 旭川	6.2	10.173	43 浜松	15.6	7.179	木 浦	13.4	8.519	
4 網走	5.9	8.878	44 静岡	16.0	6.979				
5 札幌	8.0	9.071	45 東京	15.3	7.467				
6 帯広	6.1	9.640	46 尾鷲	15.5	6.939	Dublin	9.6	3.722	
7 釧路	5.6	8.139	47 横浜	15.1	7.258	Aberdeen	7.9	4.035	
8 根室	5.8	7.539	48 大島	14.9	6.221	Manchester	9.5	4.456	
9 寿都	8.3	8.119	49 八丈島	18.2	5.582	London	10.5	4.814	
10 浦河	7.7	7.820	50 西郷	13.9	7.415	Plymouth	10.8	3.693	
11 函館	8.3	8.476	51 松江	14.4	7.732	Auckland	15.0	3.015	
12 青森	9.6	8.438	52 鳥取	14.4	7.665	Wellington	11.8	2.724	
13 秋田	11.0	8.502	53 浜田	15.1	7.030	Christchurch	11.4	3.755	
14 盛岡	9.8	8.790	54 京都	15.2	8.122	Invercargill	10.1	2.919	
15 宮古	10.5	7.541	55 彦根	14.1	8.028				
16 酒田	11.9	8.050	56 下関	15.5	7.173	Luxembourg	8.8	6.105	
17 山形	11.2	8.788	57 広島	14.9	7.723	De Bilt	9.3	5.545	
18 仙台	11.9	7.887	58 岡山	14.6	8.135	Hamburg	8.5	6.194	
19 福島	12.5	8.271	59 神戸	15.6	7.695	Berlin	9.4	7.159	
20 小名浜	13.0	7.039	60 大阪	16.2	7.873	Essen	9.6	5.807	
21 輪島	13.0	7.683	61 和歌山	16.0	7.597	Leipzig	8.7	6.790	
22 相川	13.1	7.505	62 潮岬	16.0	6.440	München	7.9	7.043	
23 新潟	13.1	8.188	63 奈良	14.3	7.993	Zürich	8.5	6.625	
24 金沢	14.0	8.040	64 釧原	15.1	7.155	Poznan	8.0	7.391	
25 富山	13.5	8.156	65 福岡	16.0	7.425	Warszawa	7.8	7.748	
26 長野	11.4	8.913	66 佐賀	16.0	7.709	Krakow	7.8	7.461	
27 高田	13.1	8.311	67 大分	15.6	7.319	Wien	9.8	7.429	
28 宇都宮	12.9	8.062	68 長崎	16.6	7.207	Praha	7.9	7.340	
29 福井	13.9	8.223	69 熊本	16.1	7.779	Budapest	11.2	8.083	
30 高山	10.3	8.918	70 鹿児島	17.4	7.130				
31 松本	11.1	8.690	71 宮崎	16.9	6.958				
32 軽井沢	7.8	8.379	72 福江	16.2	6.774				
33 前橋	13.8	7.811	73 松山	15.6	7.511				
34 熊谷	14.1	7.817	74 高松	15.2	7.699				
35 水戸	13.2	7.633	75 高知	16.3	7.343				
36 敦賀	14.7	7.774	76 徳島	15.8	7.455				
37 岐阜	15.0	8.032	77 足摺	17.8	6.462				
38 名古屋	14.9	7.974	78 室戸岬	16.4	6.419				
39 飯田	12.3	8.234	79 名瀬	21.3	4.918				
40 甲府	13.7	8.186	80 那覇	22.3	4.288				

とを示す。わが国では、標準偏差はおよそ8℃の程度である。ただし、島や岬では一般に標準偏差が小さく、名瀬、那覇、八丈島ではおよそ4℃～5℃の程度である。イギリスとニュージーランドでは標準偏差が小さく、ヨーロッパ中部の各地でも、日本よりやや小さい。

2.3 平均型からの隔たり

日本各地80地点の正規化された月別平均気温の季節変化の型(TN)が、地点によりどのくらいのばらつきを示すかを知るために、次の計算を行った。

まず正規化された月別平均気温の季節変化の型(TN)の80地点平均(TNM)を作り、これを仮りに標準型と考える。各地点の正規化された月別平均気温の季節変化の型(TN)から、この標準型(TNM)を引き去り、その残り $DTN = TN - TNM$ で、各地点ごとの季節変化の特徴をみることにした。図2は得られたDTN(正規化された季節変化型の標準型からの隔たり)を示す。

図2からおよそ次のことがよみとれる。留萌、函館を除き、北海道では標準型からのずれは大きな季節変動を示す。つまり北海道は標準型から大きくはずれている。同じく、八丈島、名瀬、那覇の3地点が標準型から大きくはずれている。いずれも南方の島である。北海道が大きく標準型からずれるのと同様に、九州の多くの地点もかなり標準型からはずれている

(北海道ほどではない)。また、島、岬において、標準型からの隔たりが目立っている(銚子、大島、足摺岬、室戸岬、潮岬等)。それらを除くと、大半の地点で、標準型からのずれは、およそ±0.05以内の程度に納まっている。正規化するとき、標準偏差で割っており、それが約8℃であるから、±0.05の範囲は、気温でいえばおよそ±0.4℃ということである。

長期の気象資料の時系列解析の結果(菅原・勝山, 1968)によれば、わが国の16地点の約80年間の月平均気温のコレログラムは、きわめて強い周期性を示す。その総分散の約98%が周期成分によるもので、雑音成分のパワは約2%にすぎない。この比率は、わが国の16地点について、ほぼ一定である。この雑音成分はきわめて白色雑音に近く、月別の分散の値はほぼ一定である。(気圧や降水量では、雑音のパワの比率ははるかに大きく、しかも地域的な相違を示す。また月別の分散値は季節変化を示し、その意味で非定常である。したがって、白色雑音的であるが、白色雑音ではない。月平均気温の場合は白色雑音とみなすことができる。)そのほぼ一定の分散の値は約1.3、標準偏差にして約1.1℃である。われわれが資料として用いた月別平均気温は30年平均であるから、30年平均にのる白色雑音の標準偏差は $1.1/\sqrt{30} = 0.20$ (℃)である。

大半の地点で、標準型からのずれが±0.4℃の範囲に納まるということは、白色雑音の標準偏差の2倍の程度のずれに過ぎないということで、標準型からの隔たりはかなり小さいとみてよい。ある地点の季節変化の型が、標準型から±0.4℃程度の隔たりがある場合、現実の月平均気温は標準偏差1.1℃程度の白色雑音を伴っているのだから、±0.4℃程度の違い

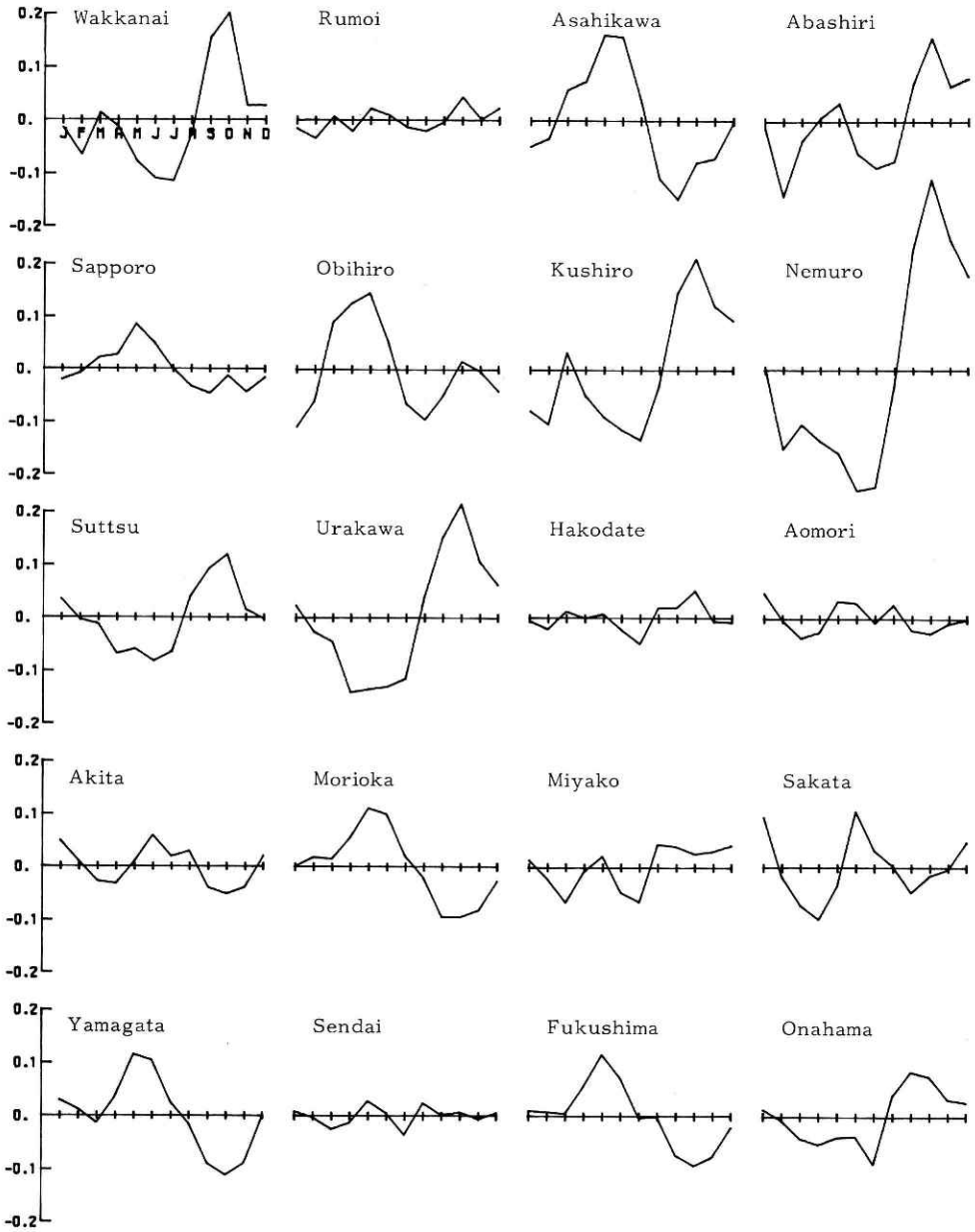


図2 正規化された季節変化型 (TN) の標準型 (TNM) からの隔たり (DTN)
— 日本 80 地点 —

Fig. 2 Patterns of DTN, the difference between TN (the normalized seasonal temperature pattern) and TNM (the standard pattern, the mean of TN)
—eighty stations in Japan—

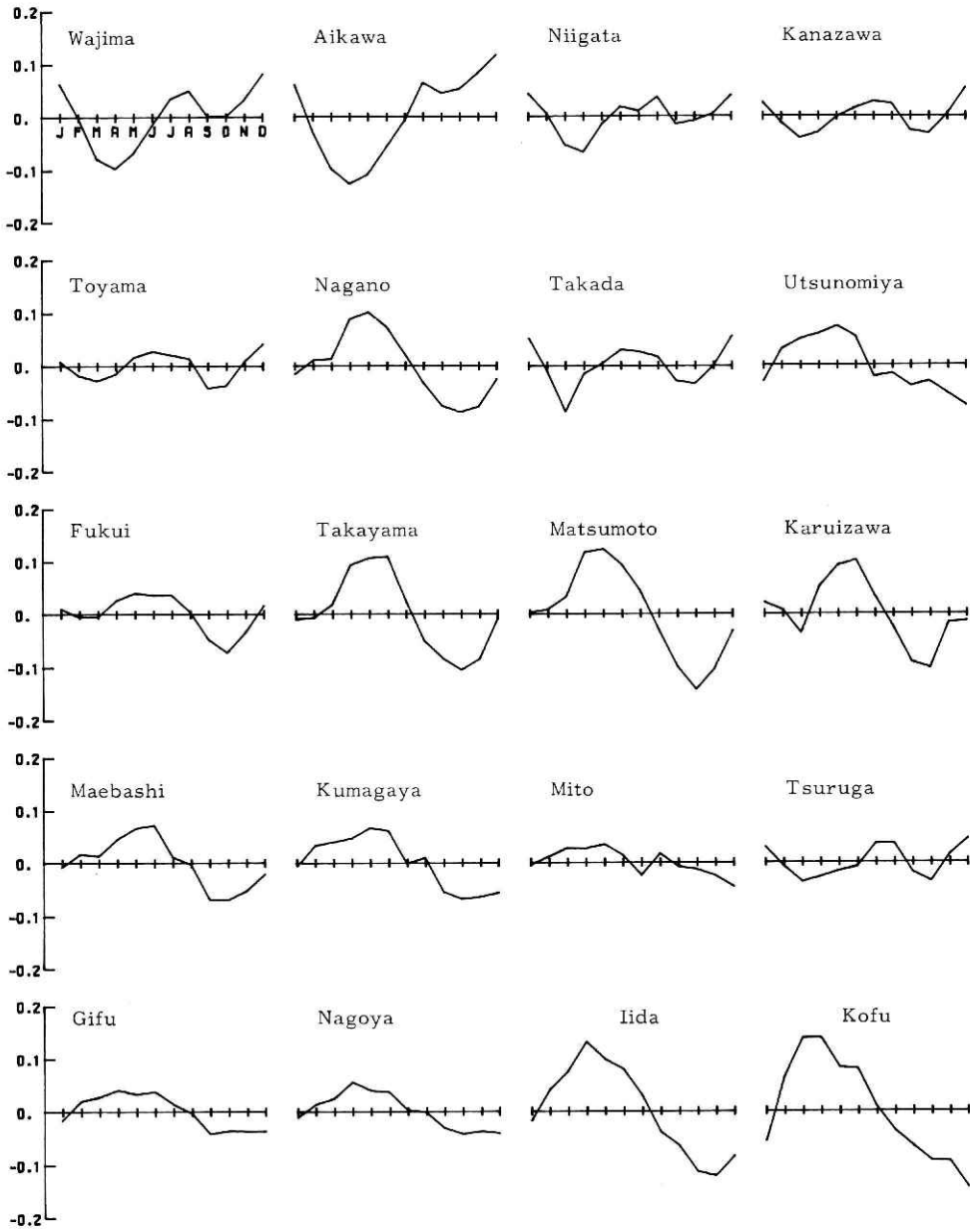


図2 つづき
Fig. 2 Continued

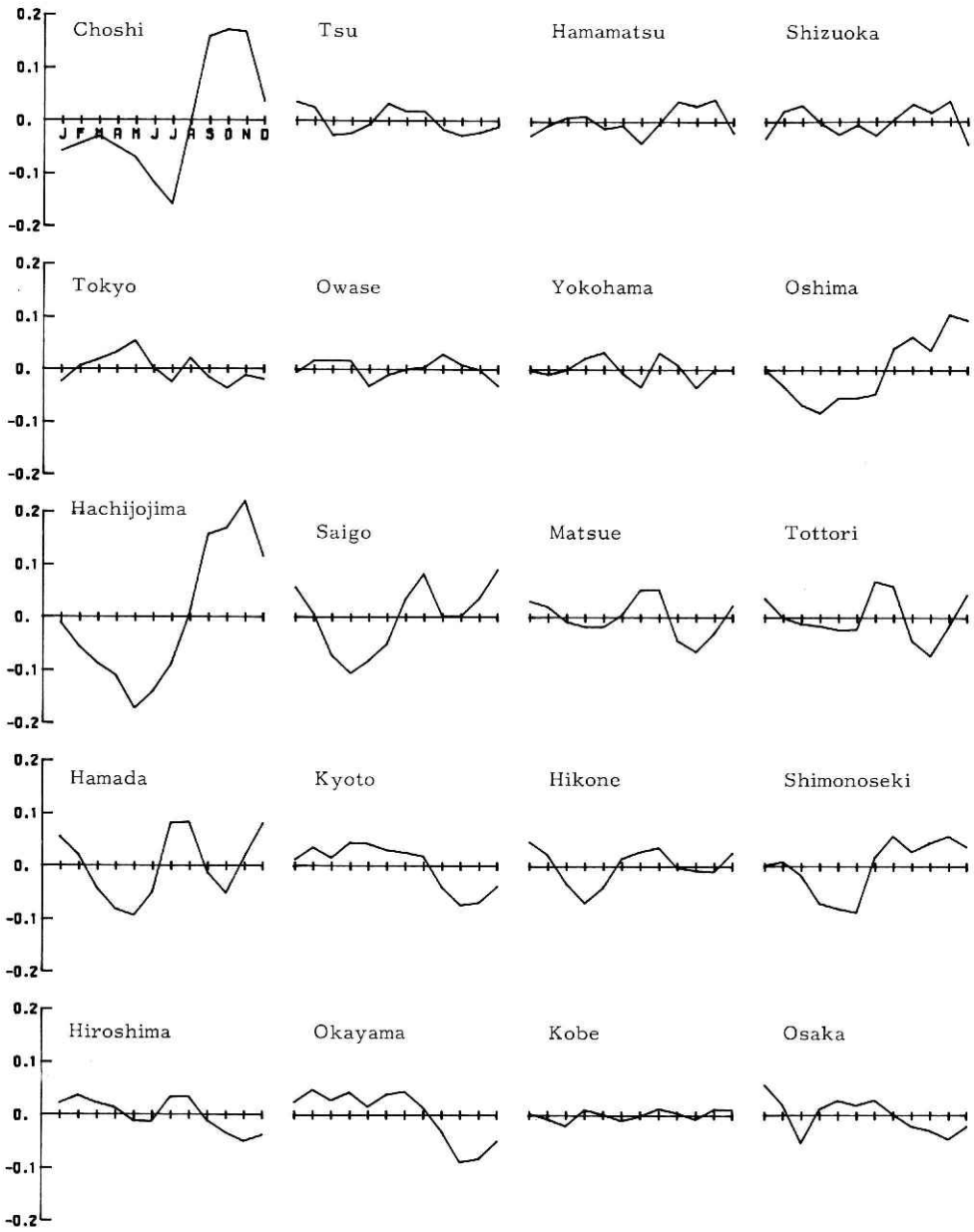


図2 つづき
Fig. 2 Continued

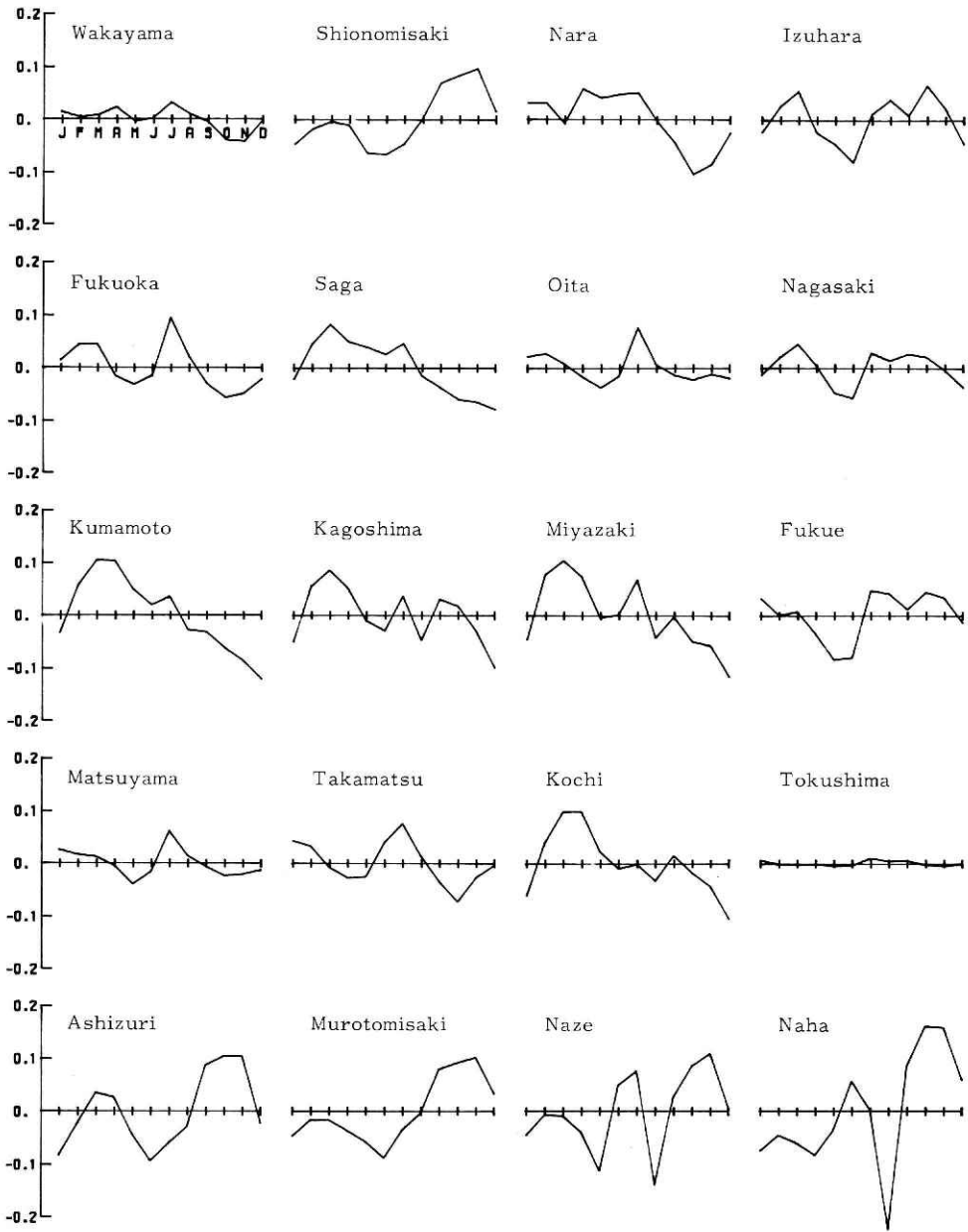


図2 つづき
Fig. 2 Continued

はあまり目立たないとみてよい。

2.4 海外地点の気温の季節変化（日本との比較）

次に、韓国、イギリス、ニュージーランドの各地点の正規化された月別平均気温の季節変化の型が、日本の標準型とどれくらい異なるかをみる目的で、各地点の季節変化の型から日本の標準型を引いたものが図3に示されている。なお、ニュージーランドは南半球にあるから、日本の標準型に半年の位相のずれを与えたものを引いた。図3に見るように、木浦だけが±0.05の範囲に納まるだけで、他はすべて日本の標準型から大きくはずれている。中緯度の島国といいながら、日本と、イギリス、ニュージーランドの月別気温の季節変化の型は異っている。季節変化の型が異なるであろうことは、そもそも正規化する前の標準偏差に大きな相違があることから、予想できたことであった。図3からわかるように、イギリスとニュージーランドも異なる型を示すし、ニュージーランドの内も北島のAuckland, Wellingtonと、南島のChristchurch, Invercargillとではまったく異った型を示している。

図2、図3を見較べて、型が異ると判断するだけでなく、次の統計的方法を用いてみる。各地点の正規化された季節変化の型から（日本の）標準型を引き去ったものDTN（図2、図3に示された型）の標準偏差を求める。表2はその標準偏差を示す。この標準偏差の度数分布を求めた結果が表3で、日本以外の地域では標本数が小さいから、それぞれの地点名をそれが属する階級の所に示してある。標本数は小さいけれども、イギリス、ニュージーランドは明らかに日本と異なっているし、韓国は日本に似ているが、いくらか異なるようである。

韓国、イギリス、ニュージーランドの季節変化の型が日本のものと異っているので、次の計算を行う。韓国、イギリス、ニュージーランドおよびヨーロッパ中部の14地点のそれぞれについて、各地点の正規化された月別平均気温の季節変化型の平均（地域別のTNM）を作り、それを地域ごとの標準型とする。表4は各地域の標準型を示す。（Durance流域については後述する。）

この標準型を各地点の正規化された月別平均気温から引いて得られた、標準型からの隔たりを示す季節変化の型（地域ごとのDTN）が図4である。図4をみると、海外諸地域で、地点による変動はかなり大きい。ニュージーランドでは、北島の2地点、南島の2地点の型が大きく異なるため、その平均をとったことが逆効果になって、4地点とも大きな変動を示している。北島と南島とで別々に標準型を作ればよいが、それはニュージーランドのようなあまり広くない所を一つの平均型で覆えないことを示している。ヨーロッパ中部でみると、De BiltとHamburg, MünchenとZürich, PoznanとWarszawaとKrakow, WienとBudapestのように近い所は似た型を示している。したがってヨーロッパ中部をさらに小さな地域に分割して標準型を作れば、地点による変動は小さくなるであろうが、それは全体を一つの標準型で覆えないことである。ヨーロッパ中部を一つの標準型で覆えば、地点による

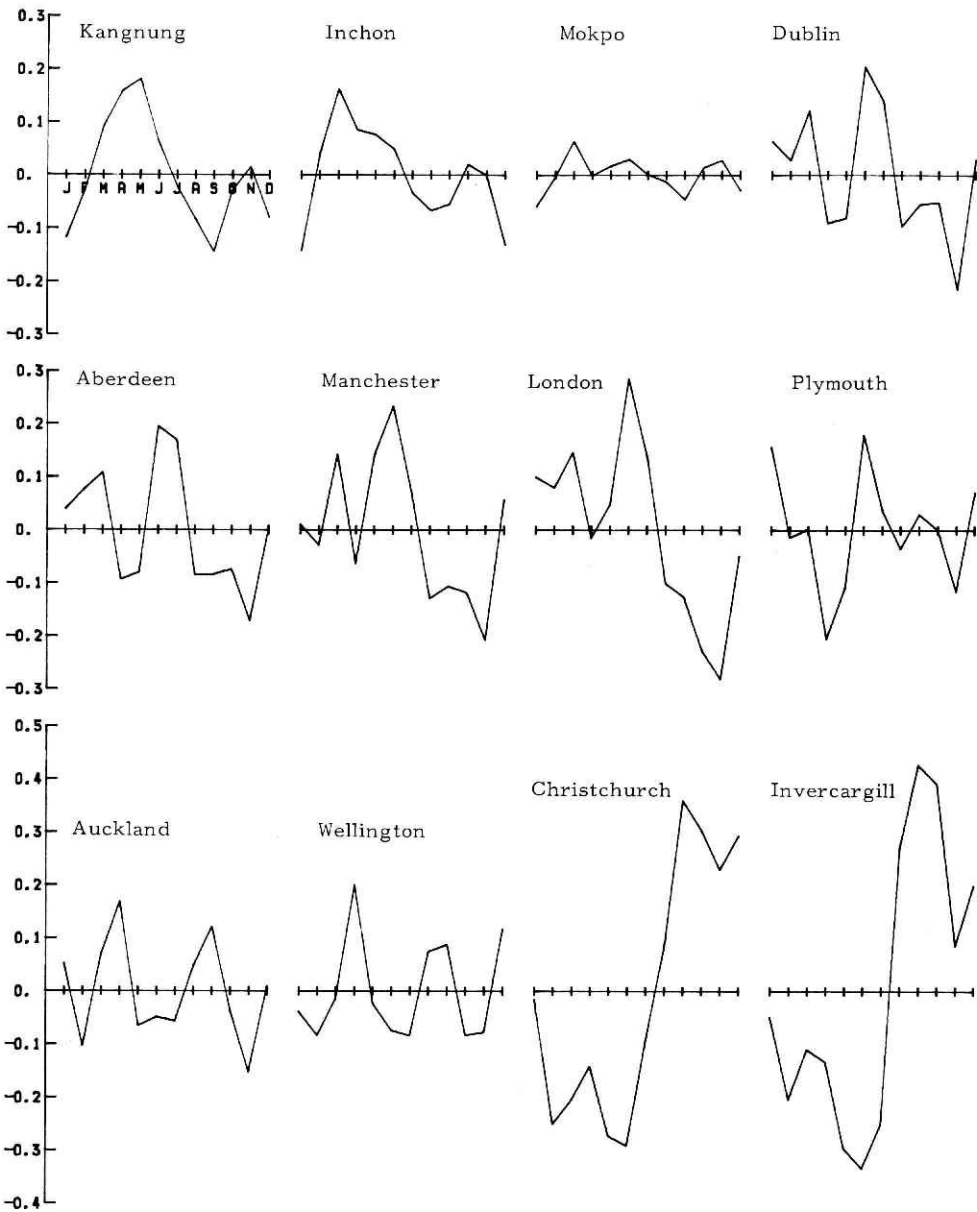


図3 外国各地点の正規化された季節変化型 (TN) の日本の標準型 (TNM) からの隔たり (DTN)
 Fig. 3 The patterns of DTN for stations in Korea, Britain and New Zealand in each of which the standard pattern TNM of Japan was used to derive the difference DTN

表 2 D T N (正規化された季節変化の型から標準型を引いたもの)の標準偏差
Table 2 Standard deviation of the seasonal pattern DTN, the difference between TN (the normalized pattern of mean monthly temperature) and TNM (the standard pattern, the mean of TN)

地 点	標準偏差	地 点	標準偏差	地 点	標準偏差
1 稚内	0.093	41 銚子	0.107	江 陵	0.100
2 留萌	0.022	42 津	0.023	仁 川	0.087
3 旭川	0.095	43 浜松	0.025	木 浦	0.033
4 網走	0.082	44 静岡	0.027		
5 札幌	0.038	45 東京	0.026		
6 帯広	0.083	46 尾鷲	0.018	Dublin	0.114
7 釧路	0.112	47 横浜	0.021	Aberdeen	0.112
8 根室	0.195	48 大島	0.062	Manchester	0.127
9 寿都	0.062	49 八丈島	0.128	London	0.158
10 浦河	0.114	50 西郷	0.062	Plymouth	0.106
11 函館	0.025	51 松江	0.036	Auckland	0.091
12 青森	0.027	52 鳥取	0.041	Wellington	0.092
13 秋田	0.036	53 浜田	0.063	Christchurch	0.234
14 盛岡	0.066	54 京都	0.041	Invercargill	0.257
15 宮古	0.040	55 彦根	0.033		
16 酒田	0.060	56 下関	0.051		
17 山形	0.068	57 広島	0.029		
18 仙台	0.018	58 岡山	0.048		
19 福島	0.059	59 神戸	0.010		
20 小名浜	0.051	60 大阪	0.032		
21 輪島	0.055	61 和歌山	0.021		
22 相川	0.079	62 潮岬	0.054		
23 新潟	0.034	63 奈良	0.052		
24 金沢	0.029	64 釧原	0.043		
25 富山	0.026	65 福岡	0.043		
26 長野	0.062	66 佐賀	0.052		
27 高田	0.039	67 大分	0.030		
28 宇都宮	0.049	68 長崎	0.032		
29 福井	0.034	69 熊本	0.069		
30 高山	0.072	70 鹿児島	0.052		
31 松本	0.084	71 宮崎	0.065		
32 軽井沢	0.061	72 福江	0.044		
33 前橋	0.046	73 松山	0.026		
34 熊谷	0.049	74 高松	0.040		
35 水戸	0.024	75 高知	0.058		
36 敦賀	0.029	76 徳島	0.005		
37 岐阜	0.031	77 足摺	0.067		
38 名古屋	0.033	78 室戸岬	0.060		
39 飯田	0.083	79 名瀬	0.073		
40 甲府	0.093	80 那覇	0.106		

表3 図2, 図3に示したDTNの標準偏差の度数分布

Table 3 Frequency distribution of the standard deviation of DTN shown in Fig. 2 and Fig. 3

階級 (以上~未満)	日本	韓国	イギリス・ アイルランド	ニュージーランド
0.00 ~ 0.01	1			
0.01 ~ 0.02	3			
0.02 ~ 0.03	15			
0.03 ~ 0.04	12	木浦		
0.04 ~ 0.05	11			
0.05 ~ 0.06	9			
0.06 ~ 0.07	13			
0.07 ~ 0.08	3			
0.08 ~ 0.09	4	仁川		
0.09 ~ 0.10	3			Auckland Wellington
0.10 ~ 0.11	2	江陵	Plymouth	
0.11 ~ 0.12	2		Dublin, Aberdeen	
0.12 ~ 0.13	1		Manchester	
0.13 ~ 0.14				
0.14 ~ 0.15				
0.15 ~ 0.16			London	
0.16 ~ 0.17				
0.17 ~ 0.18				
0.18 ~ 0.19				
0.19 ~ 0.20	1			
0.20 ~ 0.21				
0.21 ~ 0.22				
0.22 ~ 0.23				
0.23 ~ 0.24				Christchurch
0.24 ~ 0.25				
0.25 ~ 0.26				Invercargill

表4 各地域の標準型

Table 4 Standard pattern TNM, the mean of TN in each region

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
日本	-1.400	-1.338	-0.948	-0.226	0.355	0.823	1.345	1.500	1.028	0.299	-0.396	-1.043
韓国	-1.507	-1.335	-0.842	-0.145	0.446	0.869	1.327	1.446	0.946	0.300	-0.382	-1.123
イギリス・アイルランド	-1.326	-1.310	-0.844	-0.319	0.339	1.043	1.456	1.411	0.960	0.205	-0.594	-1.021
ニュージーランド	1.332	1.339	0.963	0.322	-0.560	-1.230	-1.521	-1.219	-0.698	-0.082	0.376	0.977
ヨーロッパ中部	-1.407	-1.317	-0.754	-0.049	0.642	1.143	1.387	1.300	0.793	0.048	-0.650	-1.135
Durance 流域	-1.275	-1.168	-0.870	-0.400	0.416	1.012	1.472	1.419	0.940	0.238	-0.626	-1.158

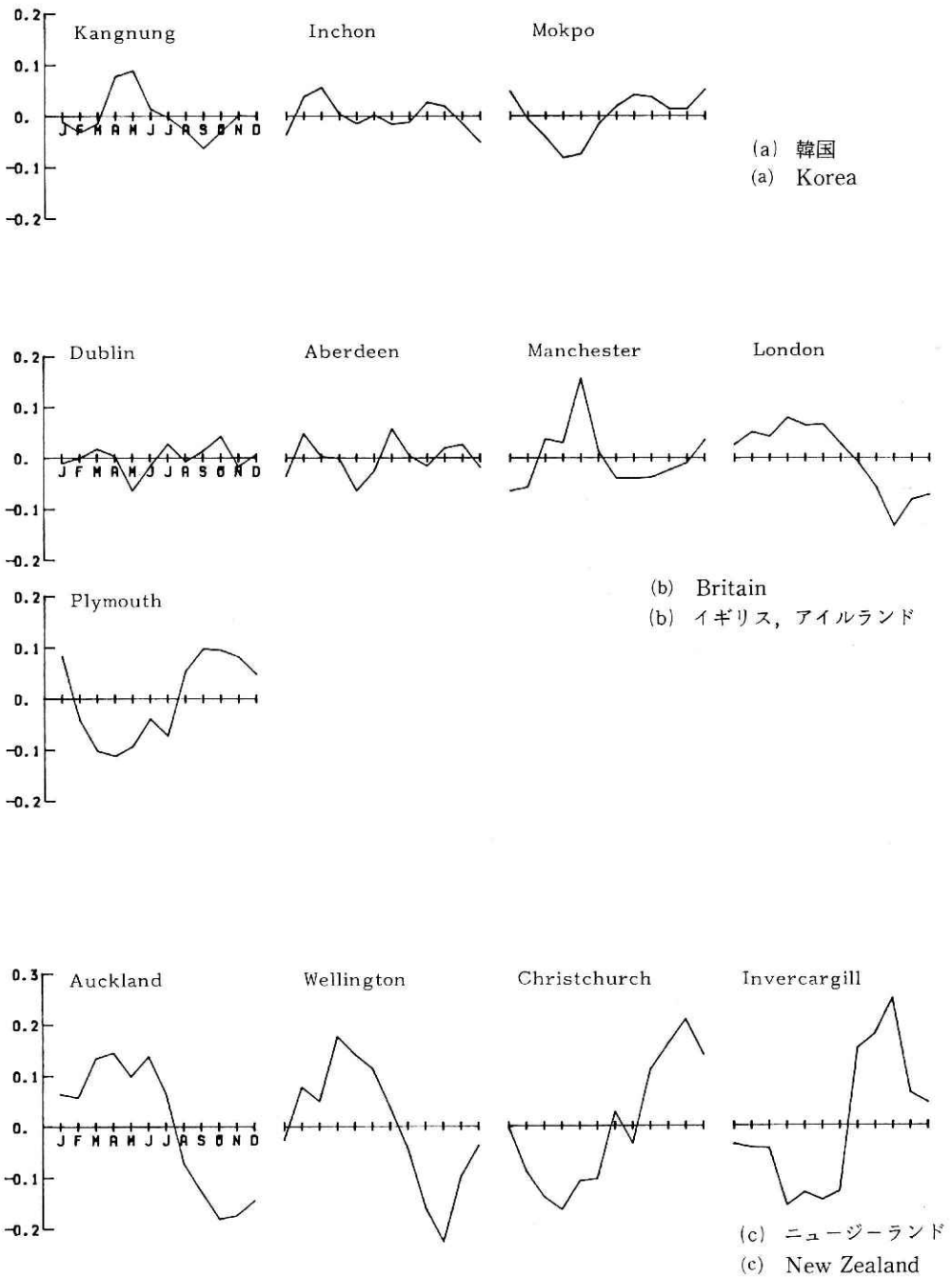


図4 外国各地点の正規化された季節変化型(TN)の各地域ごとの標準型(TNM)からの隔たり(DTN)

Fig. 4 The patterns of DTN of stations in each region, in which the standard pattern TNM was calculated

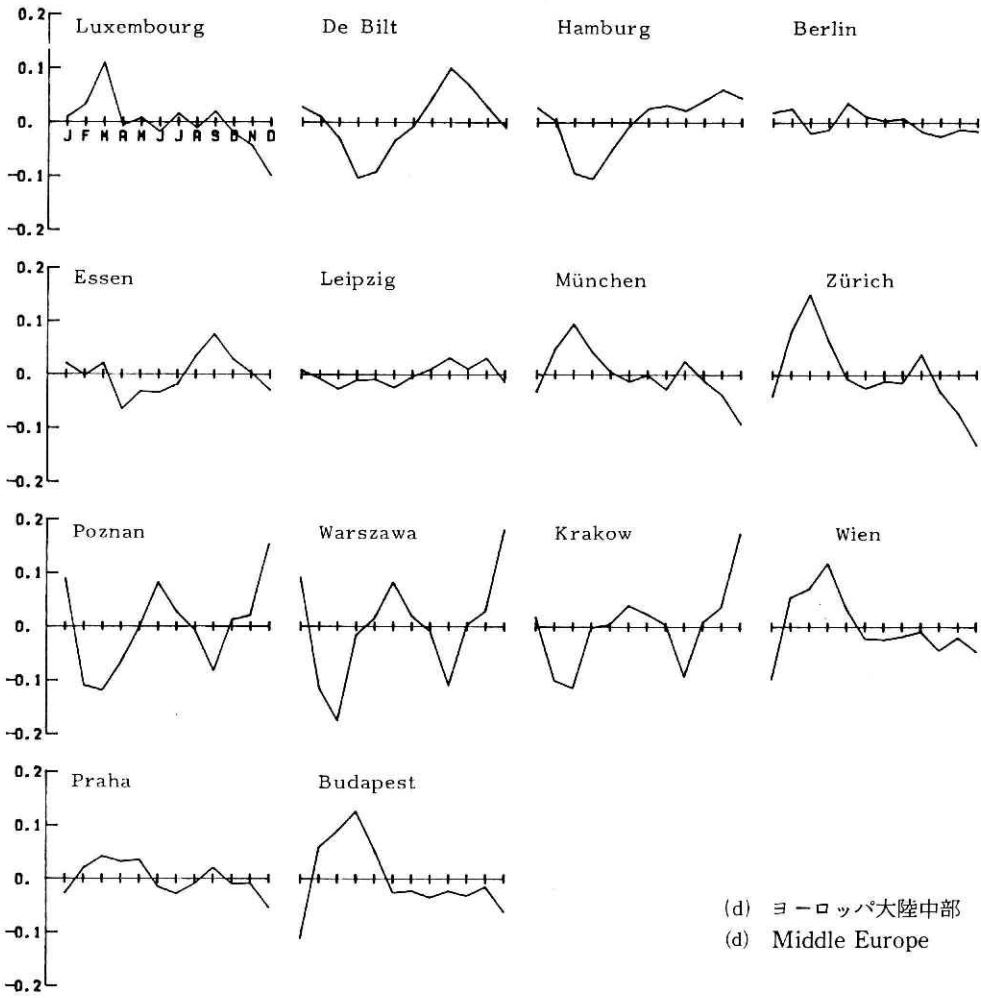


図4 つづき
Fig. 4 Continued

表5 図2, 図4, 図6に示したDTNの標準偏差の度数分布

Table 5 Frequency distribution of the standard deviation of DTN in each region, shown in Fig. 2, Fig. 4 and Fig. 6

階級 (以上~未満)	日本	日本*	韓国	イギリス, アイルランド	ニュージー ランド	ヨーロッパ 中部	Durance
0.00 ~ 0.01	1	1					
0.01 ~ 0.02	3	3				2	
0.02 ~ 0.03	15	13		1		1	1
0.03 ~ 0.04	12	11	1	1		1	2
0.04 ~ 0.05	11	11	2			2	2
0.05 ~ 0.06	9	9		1		3	1
0.06 ~ 0.07	13	12		1		1	1
0.07 ~ 0.08	3	2				2	1
0.08 ~ 0.09	4	2		1		1	
0.09 ~ 0.10	3	1				1	1
0.10 ~ 0.11	2	1					
0.11 ~ 0.12	2				1		
0.12 ~ 0.13	1				2		
0.13 ~ 0.14					1		
0.14 ~ 0.15							
0.15 ~ 0.16							
0.16 ~ 0.17							
0.17 ~ 0.18							
0.18 ~ 0.19							
0.19 ~ 0.20							

*北海道, 名瀬, 那覇, 八丈島を除く

相異はかなり目立つことになる。

日本が他の地域と比較して、気温の季節変化の型について、かなり一様であることを見るために、前と同様に、DTNの標準偏差の階級別度数分布を示したものが表5である。日本で大きな標準偏差値を示す地点は、主として北海道と南方の島(名瀬, 那覇, 八丈島)である。そこでこの地域を除いた場合も表5には出してある。表5をみると、イギリスもヨーロッパ中部も、日本より地点による型の変動がいくらか大きいと判断してよからう。

元来この統計を作ることになったのは、海外の1,000~2,000km²程度の流域内で、気温の大きな地点変動を経験したからである。フランスのDurance流域(図5)は2,170 km²の流域の中に9地点の気温観測点がある(菅原ら, 1983)。与えられた10年間の資料により月別平均気温を求め、正規化し、9地点の平均値の標準型を考え、各地点の正規化された月別平均気温から標準型を引いたもの(DTN)が図6に示されている。わずか2,000 km²程度の流域で、もっとも離れた気温観測点の間の距離が60km程度にすぎないのに、地点によりこのような変動を示すのである。Durance流域の標準型TNMは表4に出ているし、また標準型からの隔たりを示すDTN(図6)の標準偏差の階級別度数分布は表5に出ている。わずか2,000 km²程度の小地域であるのに、標準偏差の分布状況はヨーロッパ中部とはほぼ同程度である。ある

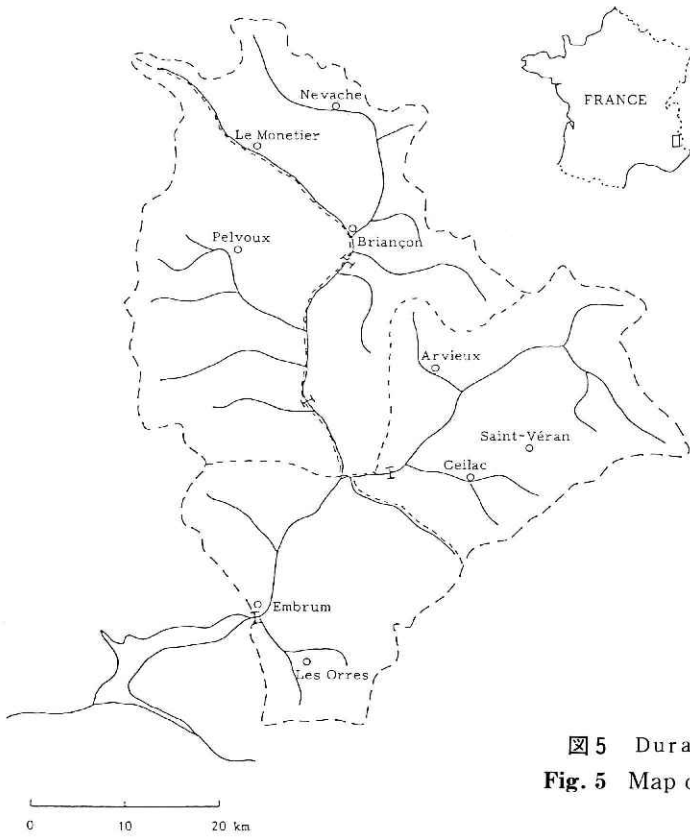


図5 Durance 流域地図 (フランス)
Fig. 5 Map of the Durance basin (France)

意味で、ヨーロッパでは小さな地域内でも、地点による変動が大きいことが示されたことになる。

3. 残された問題点

Durance 流域は高度 4,000 m のアルプスの山に囲まれた盆地で、いわば特殊な地域である。日本でも高い山に囲まれた小盆地内では、このような特殊なことが起こっているかもしれない。現に表 2 に示された甲府や松本の標準偏差値は大きいのである。甲府や松本を含む小地域で、Durance と同様のことがあるかどうか。確かめる必要があると考えている。

この統計的計算の元来の出発点は、融雪計算に用いる日気温についての地点変動の問題であった。日気温の地点変動については、季節変化の型の上に乗る雑音成分の方が大きな役割を演ずるであろう。日本では月平均気温に乗る雑音成分のパワは、全パワの約 2% にしかすぎない。そこで、季節変化の型を問題にしたのであるが、雑音成分のパワがこのように小さいのは、日本だけの特殊事情かもしれない。これについても問題が残っている。

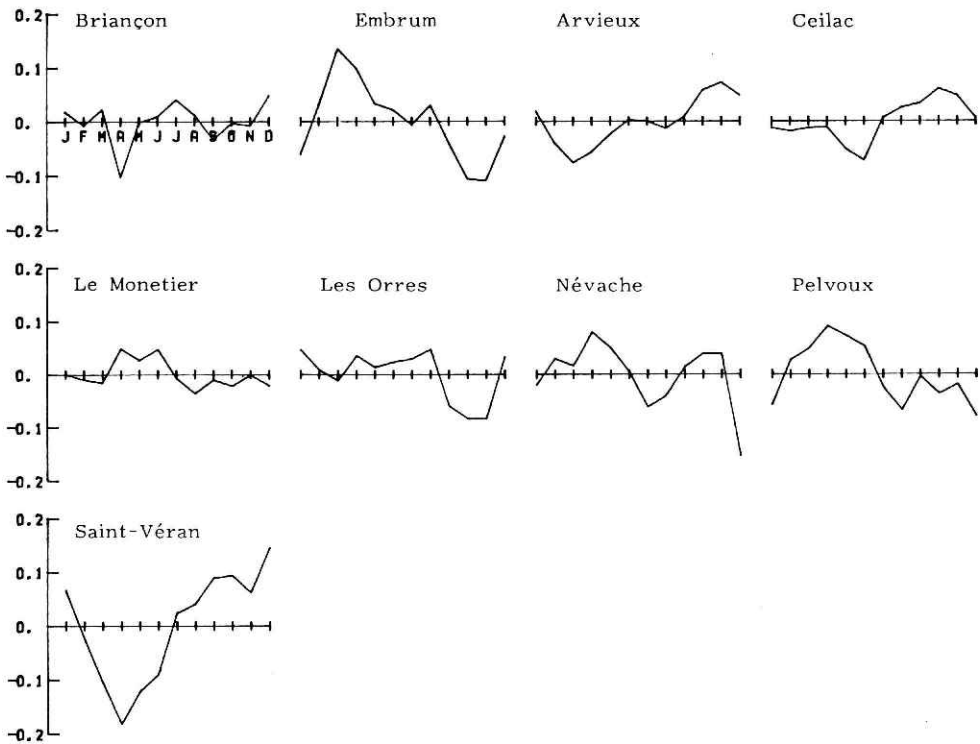


図 6 Durance 流域各地点の正規化された季節変化型 (TN) のこの流域の標準型 (TNM) からの隔たり (DTN)

Fig. 6 The patterns of DTN of stations in the Durance basin, in which the standard pattern TNM was calculated

参 考 文 献

- 1) 菅原正巳・勝山ヨシ子 (1968): 気象資料の長期変動について.
国立防災科学技術センター研究報告, No 1, 45-86.
- 2) 菅原正巳他 (1983): 「融雪流出の概念モデルの相互比較」の課題となった 6 流域の流出解析.
国立防災科学技術センター研究報告, No 30, 85-165.
- 3) 東京天文台 (1984): 理科年表. 昭和59年版, 丸善株式会社.

(1985年9月3日 原稿受理)