

松江と浜松における月平均気温の年内周期変動

長 澤 純 夫[※]

Sumio NAGASAWA

Periodic Regression Analysis of the Monthly Mean Temperatures in Matsue and Hamamatsu, Japan

気温が年々ほぼ一定の波形をもって推移することは、体験によってわれわれはこれを古くから知っていた。16世紀の末に温度計が発明されると同時に、継続的な記録が各地においてなされ、その体験は数値として表現されるに至った。因みに、わが国における最も古い気温の長期観測の記録は、200年前に来朝したスウェーデンの植物学者 Thunberg が、1775年9月10日から翌年の10月31日まで行ったそれであるとされている⁴⁾。ところで、こうして表現された数値の年内の推移(年変化)を、数学的モデルにあてはめて解析することが、一方、気象統計分野の人々によって早くからなされてきた。Craddock²⁾は北半球に点在する305の都市で、1921年から40年にわたる20年間に観測された記録を解析し、月平均気温の年内推移は、おおむね2次のフーリエ曲線に近似できることをのべ、1ヶ月を構成する日数の相違を考慮した補正計算法と、気温の変動量が季節によって異なることを考えに入れて算出した、計算のための加重係数を示した。そしてわが国で観測された結果は、根室、京都、東京、大村、長崎および那覇から提供された記録がなかで解析されている。

松江地方の気象資料は、気象台が開設された翌年の、1941年(昭和16年)1月から、現在に至るまでの記録が、管下40ヶ所のそれと併せて詳細に集計され、逐次刊行されているが、他にも、例えば本学の研究報告に、付属神西砂丘農場の観測結果が公表されている様に、所々の教育試験研究機関において、独自に観測が行われている。ここでは、松江気象台開設の当初から、1975年(昭和50年)12月に至るまでの35年間に、松江市において観測された月平均気温の年内推移を解析した結果をのべる。

なお、浜松測候所において観測された、1883年(明治16年)1月から、同じく1975年12月に至るまでの93年間

の記録を解析する便宜があたえられたので、山陰地方と東海地方の年内月平均気温の推移を比較する目的で、考察に必要な後者の計算数値を併せ示した。これは農業生産に関しては勿論のこと、大気汚濁、災害予防など諸種の環境問題を論ずる上の参考資料となろう。

本文に入るに先立ち、長年の観測資料を提供され、解析の許可をあたえられた、松江気象協会と浜松測候所の御厚意に謝意を表する次第である。また浜松測候所の観測結果の解析にあたっては、当生物汚染化学研究室の専攻学生諸君の助力を仰いだ。記してその労を謝する。

月平均気温の記録

第1表に示した、松江市の35年間にわたる月平均気温の記録のうち、1941年から70年までのそれは、「松江気象30年表」からの転載であり、それ以後75年までの5年間の数値は、日本気象協会松江支部より文書によってえられたものである。最右欄 T_r 、および最下行 T_i は、それぞれ欄行の合計である。浜松市における93年間の大きな記録の転載は、紙面の都合で省略しなければならないが、それらの数値は、気象年表、月刊誌「から風」、および通信文書とからととのえた。ただ1945年6月の数値が欠測値となっていたので、Emmens³⁾の示した欠測値推定の方法によって、 20.2°C と算定、これを代入して以後の計算を進めた。

解析の結果と考察

第1表の月平均気温 y の35年間の平均値 \bar{y} を第3表に示した。そしてこれを打点したのが第1図の白丸である。そして黒丸は浜松における93年間の \bar{y} である。いずれも左右相称でない。それ故、フーリエ級数による調和解析によって、正弦曲線の1周期の中に、どこまで高次の周期関数を付加すべきかを先ず検討する必要がある。

※ 生物汚染化学研究室

Table 1. Monthly mean temperatures in C°. at the Matsue Meteorological Station in Matsue, Shimane Pref., from 1941 through 1975.

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	T_r
1941	4.2	3.4	7.5	10.9	16.6	21.1	22.7	25.1	20.2	15.2	12.2	7.0	166.1
42	2.6	2.5	8.6	11.6	15.5	20.9	27.4	26.4	21.8	14.6	9.9	5.4	167.2
43	1.9	2.8	6.1	10.6	16.7	20.8	25.0	26.9	22.6	16.0	10.1	6.9	166.4
44	3.5	2.9	5.3	10.7	17.2	21.8	25.9	26.6	22.0	15.5	11.4	4.7	167.5
45	1.2	1.5	6.3	12.0	14.9	21.0	23.0	27.0	21.9	16.1	10.7	5.3	160.9
46	4.2	3.6	5.7	12.5	16.2	22.5	26.2	26.5	21.9	15.9	12.7	5.0	172.9
47	4.0	0.8	5.2	11.4	14.9	18.9	25.3	26.8	22.3	14.7	8.9	3.7	156.9
48	3.5	4.3	6.3	12.8	16.9	21.4	25.8	25.8	21.8	16.7	11.2	8.8	175.3
49	4.5	5.2	5.4	10.0	17.3	19.7	24.0	26.3	22.1	15.2	10.3	6.5	166.5
50	5.2	4.4	6.6	12.1	17.7	20.3	26.4	26.7	21.9	15.8	11.1	5.4	173.6
1951	3.8	5.1	6.6	11.5	16.7	20.1	23.5	27.6	20.4	16.4	10.7	7.5	169.9
52	4.2	2.8	6.5	12.5	16.4	20.3	24.3	26.0	21.7	15.3	12.4	6.5	168.9
53	3.5	4.1	8.1	11.2	17.0	20.6	24.8	26.8	22.1	17.3	11.0	8.1	174.6
54	5.7	5.3	7.2	13.1	17.2	19.2	23.6	27.0	22.8	15.3	12.4	7.1	175.9
55	3.4	5.8	8.4	13.0	17.1	22.6	26.9	25.9	22.3	16.0	10.0	7.6	179.0
56	3.9	2.9	7.4	12.0	16.5	20.9	25.6	25.1	22.7	16.6	10.1	5.1	168.8
57	4.5	3.2	5.2	12.8	16.6	20.0	24.1	26.2	20.5	15.4	11.8	7.0	167.3
58	3.9	4.8	7.7	13.2	16.8	21.7	25.8	25.3	22.5	15.5	11.1	8.0	176.3
59	3.6	6.9	8.7	13.6	17.6	21.0	25.8	26.6	23.3	17.0	12.3	7.3	183.7
60	4.4	6.0	8.9	11.5	17.0	21.2	25.7	26.9	22.5	16.4	11.8	5.8	178.1
1961	2.6	3.2	7.8	12.6	17.7	21.1	27.1	27.5	23.7	18.1	12.3	6.8	180.5
62	3.4	4.7	7.0	12.1	17.1	20.2	25.8	26.6	22.7	15.6	10.7	7.0	172.9
63	0.5	1.9	6.3	12.9	17.2	20.4	25.9	26.1	21.2	15.3	10.4	7.3	165.4
64	5.4	2.9	6.6	15.0	17.8	20.6	26.2	28.1	22.2	16.1	10.8	6.7	178.4
65	3.5	3.9	5.1	10.1	16.8	20.4	24.6	26.6	20.2	15.4	11.8	5.7	164.1
66	3.4	5.7	8.4	12.3	16.6	20.2	24.7	27.4	21.8	16.5	10.5	5.0	172.5
67	3.0	3.6	7.7	12.9	18.1	21.3	25.6	27.4	22.2	16.1	11.1	3.7	172.7
68	3.3	1.4	7.2	12.5	16.0	20.8	24.8	25.6	21.6	15.1	11.3	8.2	167.8
69	3.9	4.3	5.9	12.4	17.4	20.3	24.6	27.3	23.1	15.3	10.1	4.9	169.5
70	2.5	5.1	4.3	11.2	17.3	19.8	25.2	26.7	23.8	17.1	10.5	5.9	169.4
1971	3.8	3.8	6.3	12.2	17.3	21.5	26.1	26.1	21.9	15.7	11.6	6.9	173.2
72	6.3	5.2	7.4	12.5	16.4	20.6	25.1	26.0	21.7	16.4	10.7	6.9	175.2
73	5.4	6.0	7.0	14.1	17.1	20.2	26.9	27.7	21.2	15.8	10.0	4.2	175.6
74	3.2	3.5	6.3	13.2	17.7	20.5	23.6	25.6	20.7	16.2	9.8	6.4	166.7
75	3.4	3.4	6.4	12.6	16.4	20.9	26.0	26.3	23.9	16.8	11.9	6.2	174.2
T_t	129.3	136.9	237.4	427.6	589.7	724.8	884.0	928.5	771.2	558.4	385.6	220.5	5993.9

第1表の最右欄の月平均気温の総計 T_r について見ると、1941年から5年間は比較的続けて低温で、1959年の前後の数年は、他に比べて続けて温暖であった模様であるが、浜松における93年間の記録と併せて、気温の経年変化については、別途にこれを論ずるのが適当であろう。

う。

第1表の結果の分散分析を行った結果が、第2表の前半の数値である。行1の平均平方 V_1 は、行7の V_7 を有意に上まわり、 T_r の年間の差の変動は有意であった。月別の総計 T_t に対するフーリエ曲線の第1成分は全変

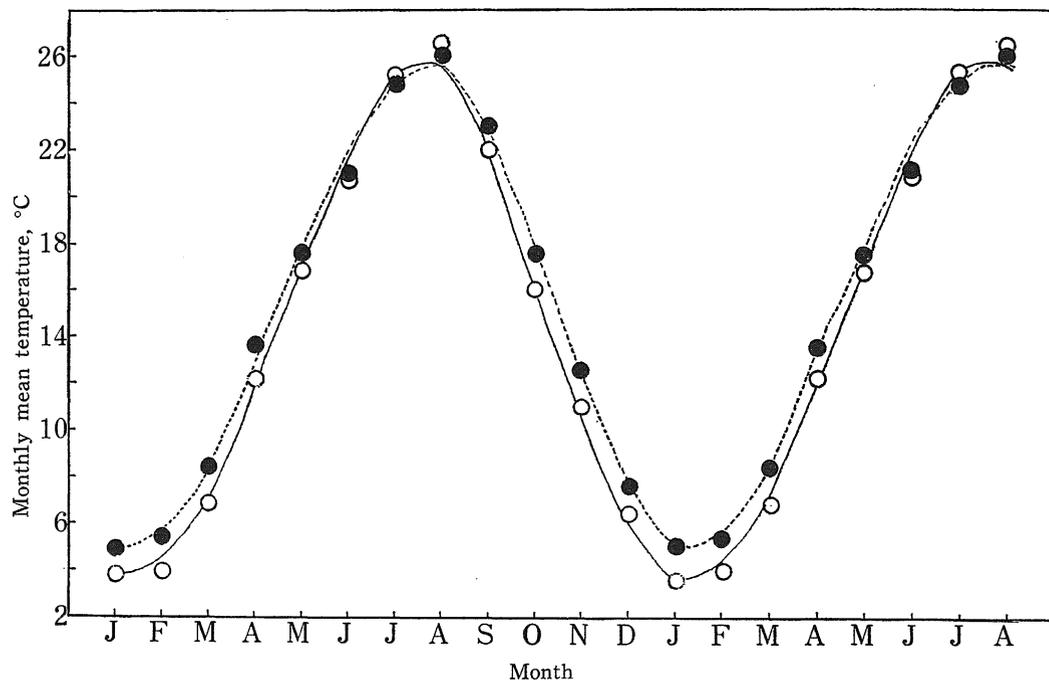


Fig. 1. Monthly mean temperatures and fitted Fourier curves in Matsue (empty circles and solid line) and Hamamatsu (solid circles and dotted line)

Table 2. Analysis of variances of the monthly mean temperatures in Matsue and Hamamatsu.

Row	Term	Matsue				Hamamatsu			
		DF	SS	MS	F, F'	DF	SS	MS	F, F'
1	Between years	34	92.0489	2.7073	3.42	92	224.7481	2.4429	3.30
2	Months, effect of $(a_1 + b_1)$	2	25512.5273	12756.2637	594.63†	2	58144.1549	29072.0775	1010.00†
3	“ , effect of $(a_2 + b_2)$	2	91.9244	45.9622	2.18††	2	264.7300	132.3650	4.65††
4	“ , scatter	7	146.2486	20.8927	26.44	7	197.2850	28.1797	38.01
5	Year × month $(a_1 + b_1)$	68	91.7962	1.3499	1.71	184	247.6216	1.3458	1.82
6	“ × “ $(a_2 + b_2)$	68	65.6916	0.9661	1.22	184	188.1232	1.0224	1.38
7	“ × “ scatter	238	188.0644	0.7902		644	477.4398	0.7414	
8	Total	419	26188.3014			1115	59744.0756		
9	Correction, C_m	1	85540.0886			1	259195.2144		
10	Year × Amplitude ₁	34	62.4477	1.8367	2.32	92	144.7028	1.5729	2.12
11	Year × Phase ₂	34	29.3485	0.8632	1.09	92	102.9188	1.1187	1.51
12	Year × Amplitude ₂	34	33.9490	0.9985	1.26	92	93.8153	1.0197	1.38
13	Year × Phase ₂	34	31.7426	0.9336	1.18	92	94.3079	1.0251	1.38

Matsue : †s² = v₁ + v₅ - v₇ = 21.4524, n' = 7.38 ; ††s² = v₄ + v₆ - v₇ = 21.0686, n' = 7.12

Hamamatsu : †s² = 28.7841, n' = 7.30 ; ††s² = 28.4607, n' = 7.14

Table 3. Comparisons of the observed monthly temperatures (\bar{y}) in Matsue and Hamamatsu and their predicted values from two-term Fourier equation computed without weighting (Y) and with correction for the length of each month (Y_c).

Month	Matsue					Hamamatsu				
	Observed \bar{y}	Unweighted Y	Corrected Y_c	Difference $\bar{y}-Y$	between means Y_c-Y	Observed \bar{y}	Unweighted Y	Corrected Y_c	Difference $\bar{y}-Y$	between means Y_c-Y
Jan.	3.6943	3.7702	3.7832	-0.0759	0.0130	5.0032	5.0325	5.0451	-0.0293	0.0127
Feb.	3.9114	4.3209	4.3577	-0.4095	0.0368	5.4430	5.7243	5.7579	-0.2813	0.0336
Mar.	6.7829	7.0655	7.0485	-0.2826	-0.0170	8.4065	8.7144	8.6863	-0.3079	-0.0282
Apr.	12.2171	11.4109	11.3984	0.8062	-0.0125	13.6796	12.9490	12.9362	0.7306	-0.0129
May	16.8486	16.6647	16.6587	0.1839	-0.0060	17.5516	17.5443	17.5431	0.0073	-0.0013
Jun.	20.7086	21.7487	21.7488	-1.0401	0.0001	21.0806	21.7728	21.7723	-0.6922	-0.0006
Jul.	25.2571	25.1598	25.1682	0.0973	0.0084	24.8656	24.7555	24.7539	0.1101	-0.0017
Aug.	26.5286	25.5109	25.5284	1.0177	0.0175	26.0495	25.4412	25.4531	0.6083	0.0118
Sep.	22.0343	22.3787	22.3879	-0.3444	0.0092	23.0140	23.1429	23.1530	-0.1289	0.0101
Oct.	15.9543	16.7439	16.7358	-0.7896	-0.0081	17.6312	18.2226	18.2168	-0.5914	-0.0059
Nov.	11.0171	10.5883	10.5701	0.4288	-0.0182	12.5108	12.2498	12.2322	0.2610	-0.0177
Dec.	6.3000	5.8919	5.8843	0.4081	-0.0076	7.6430	7.3295	7.3194	0.3135	-0.0102

動の97.4%を占め、 V_7 と比較してもあきらかに有意である。フーリエ曲線の第2成分に対する平均平方を V_7 と比較するとこれもあきらかに有意で、Craddock が北半球における温度記録は、一般に2次のフーリエ曲線に近似出来るとのべたそれと一致している。しかし、ここで行4の平均平方 V_4 は、行7の V_7 を上まわり、あきらかに有意である。したがって、フーリエ曲線の第1、2成分の有意性は、 F' の関係であらためて検定する必要がある。第1成分に対しては、 $F' = 12756.2637 / (20.8927 + 1.3499 - 0.7902) = 594.63$ 、そして除数21.4524は、おおむね $n' = 21.4524^2 / (20.8927^2 / 7 + 1.3499^2 / 68 + 0.7902^2 / 239) = 7.38$ の自由度をもち有意であるが、同様に第2成分に対しては、 $F' = 2.18$ 、 $n = 7.12$ となり、これは有意でない。それ故観測値に対する、フーリエ級数による周期解析は、正弦曲線の1周期の中に2次の周期関数を付加すれば充分であるといえる。

浜松における93年間にえられた記録の分散分析を行った結果を、第2表の後半にしめした。93年間の T_7 の年間の差の変動は有意でない。月別の総計 T_7 に対する第1の成分は、全変動の97.3%を占め、松江の場合と同じ割合をしめしていた。そして明らかに有意である。しかし、行4の平均平方 V_4 は、行7の V_7 を有意に上まわっている。前と同様 F' の関係で、第1、2成分の有意性を検定した結果は、後者に有意性がみとめられなかった。これは松江の場合とまた同じである。振幅と位相角は第1、2成分共に、年間有意の差を示した。

第1、2成分の変動を、振幅と位相角における変動に分けるために、行5および6に示したフーリエ曲線の平均平方を、第2表の最後の行10-13に分割した。第1成分における振幅が、両地区共年間とくに有意にことなっていた。

以上の分散分析の結果から、松江および浜松における月平均気温の年内の推移に対して、2次のフーリエ曲線をあてはめた結果は、

$$\text{松江 } Y = 14.2712 - 10.6948a_1 - 2.6665b_1 + 0.1938a_2 + 0.6326b_2$$

$$\text{浜松 } Y = 15.2399 - 9.8615a_1 - 2.6368b_1 - 0.3459a_2 + 0.5956b_2$$

となった。そしてこれからもとめた理論的に期待される各月の平均気温 Y を第3表にしめした。

Table 4. Observed monthly variances (per degrees of freedom) of Matsue and Hamamatsu mean temperatures for $(\bar{y}-Y)^2$ from the observed mean \bar{y} and their unweighted predictions Y in Table 3, $V(y)$ from the deviations of the y 's in Table 1 from their column means \bar{y} , $V(\hat{y})$ from the deviations $(\hat{y}-\bar{y})$, and $V(d)$ from the deviations $(y-\hat{y})$ in Table 5.

Month	Matsue				Hamamatsu			
	$(\bar{y}-Y)^2$	$V(y)$	$V(\hat{y})$	$V(d)$	$(\bar{y}-Y)^2$	$V(y)$	$V(\hat{y})$	$V(d)$
Jan.	0.139	1.369	1.999	1.122	0.022	1.421	1.884	1.211
Feb.	4.025	2.052	2.373	1.014	1.898	1.694	2.147	0.904
Mar.	1.918	1.320	2.108	1.057	2.275	1.472	2.075	0.996
Apr.	15.600	1.150	1.403	0.835	12.811	0.883	1.391	0.706
May	0.811	0.537	1.080	0.767	0.002	0.452	0.966	0.472
Jun.	25.963	0.620	0.950	0.523	11.498	0.607	1.004	0.375
Jul.	0.228	1.350	1.028	0.660	0.290	0.918	1.056	0.436
Aug.	24.857	1.624	1.377	0.774	8.880	0.443	1.138	0.425
Sep.	2.846	0.886	1.270	0.464	0.398	0.872	1.159	0.458
Oct.	14.964	0.582	1.007	0.401	8.395	0.588	1.222	0.544
Nov.	4.414	0.831	1.320	0.619	1.634	1.132	1.476	0.857
Dec.	3.996	1.632	1.698	1.246	2.352	1.888	1.773	1.491
Mean	8.313	1.163	1.468	0.790	4.205	1.031	1.441	0.740
$\Sigma(DF)$	17.5	408	170	238	46.5	1104	460	644

そしてこの Y の値を図上に結んだのがそれぞれ実線と破線である。きわめてよい近似がえられた。

ところで、上に行った計算は、各月の観測値に対してすべて同じだけの重みをあたえて行ったものである。しかし1ヶ月の長さは、最も短い2月と、31日を1ヶ月とする大の月とは10%も異っており、1ヶ月の平均は $1461/48=30.4375$ 日である。この事を考慮²⁾にいたれた補正計算のための加重係数を Craddock があたえているので、それをもちいて計算した2次のフーリエ曲線の方程式は、つきのごとくである。

$$\text{松江 } Y_c = 14.3293 - 9.8328a_1 - 5.2552b_1 - 0.1498a_2 + 0.6567b_2,$$

$$\text{浜松 } Y_c = 15.2920 - 9.0163a_1 - 5.0213b_1 - 0.6280a_2 + 0.3525b_2.$$

²⁾ Craddock が同時に与えている cosines, sines の表の数値を、これらの式に代入して計算した、各月の補正期待値 Y_c を、第3表のそれぞれの欄にしめした。 $(Y_c - Y)$ と $(\bar{y} - Y)$ の平方和を比較した $100\Sigma(Y_c - Y)^2 / \Sigma(\bar{y} - Y)^2$ の値は、松江において0.07%、浜松では0.14%できわめて僅かである。1ヶ月を構成する日数の違いを考慮して、わざわざこうした補正計算を行う必要はないと言える。これは Bliss¹⁾ が New Haven の観測

記録を解析した結果から結論したところと同じである。

各月の長さを考慮に入れない、先の式から求めた、第3表の各月の期待平均気温 Y をグラフの上に打点し、これを結んだ第1図の曲線を見ると、月平均気温の年内の振幅は松江の方が大きく、特に冬期において、気温は浜松より低下し、夏期のそれは略同程度である。東海地方の気温の年内の変化は、山陰地方より少く、冬季温暖であるという我々の体験を、そのまま現している。しかし概括的には、共に中緯度海洋型に属している。

松江において、35年間の観測値をもとにして計算された先の式から、年内で最高気温を示す日は、8月2.88±3.17日で、25.7951°C、最低気温を示す日は、1月23.88±4.37日で、3.7000°Cと推定された。一方浜松のそれは、93年間の記録から、最高気温を示す日は、8月7.30±2.73日で、5日ほどおくれ、温度は25.5363°Cで松江とほぼひとしい。最低気温を示す日は1月23.07±2.72日で、同一時期にあたっているが、温度は4.9387°Cで各期の気温が松江に比べると約1°C高い。

ところで、我々はその年における気温の様相を、例年に比較して、暖冬、冷夏などの言葉をもって語り、とくに冬季の気温の違いについては切実である。そして春秋におけるそれについては、好ましい快よい季節として、

Table 5. Deviations ($v-\hat{y}=d$) of the observed temperatures y in Table 1 from their expectations \hat{y} as computed from two-term Fourier curves fitted separately to the temperature for each year.

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1941	-0.108	-0.772	0.861	-0.252	0.110	-0.005	-0.959	1.622	-0.528	-1.048	0.973	0.105	-0.001
42	-0.530	-1.665	1.691	0.547	-0.896	-1.088	1.496	0.215	-0.474	-1.047	0.913	0.838	0.000
43	-0.915	-0.318	0.233	0.121	0.548	-0.845	-0.335	1.101	-0.033	-0.837	-0.298	1.578	0.000
44	0.497	-0.123	-0.320	0.207	0.508	-0.712	-0.098	0.740	-0.180	-0.840	1.142	-0.821	0.000
45	-0.411	-0.927	0.347	1.170	-1.083	0.322	-1.072	1.977	-0.731	-1.021	0.499	0.928	-0.002
46	0.506	-0.111	-0.621	1.366	-0.934	-0.181	0.227	0.645	-0.496	-0.933	1.769	-1.236	0.001
47	1.905	-2.166	-0.388	1.819	0.066	-1.674	0.361	0.999	0.004	-0.986	0.201	-0.143	-0.002
48	-1.011	-0.036	-0.509	1.306	-0.339	-0.983	0.478	0.636	-0.275	-0.406	-0.494	1.633	0.000
49	0.034	0.566	-1.121	-0.183	1.904	-1.258	-0.818	1.117	0.337	-0.833	0.013	0.241	-0.001
50	0.886	-0.457	-0.697	0.697	0.950	-1.863	0.630	0.773	-0.436	-0.581	0.767	-0.671	-0.002
1951	-0.750	0.202	-0.553	0.501	0.722	-0.943	-1.050	2.615	-1.546	-0.134	-0.072	1.009	0.001
52	0.416	-1.105	-0.122	1.291	-0.163	-1.078	-0.066	1.405	-0.178	-1.642	1.163	0.078	-0.001
53	-0.836	-0.613	0.807	-0.245	0.509	-0.849	-0.131	1.230	-0.724	-0.188	-0.426	1.465	-0.001
54	0.537	-0.548	-1.084	1.234	0.954	-1.610	-0.687	1.865	0.234	-2.017	0.996	0.126	0.000
55	-1.342	0.215	0.143	0.548	-0.616	-0.300	0.692	-0.181	0.007	-0.265	-0.285	1.383	-0.001
56	0.818	-1.076	0.301	0.443	-0.133	-0.597	0.698	-0.357	0.215	-0.126	-0.100	-0.086	0.000
57	0.438	-0.663	-1.097	1.899	0.090	-1.497	-0.238	1.996	-0.753	-1.066	0.610	0.280	-0.001
58	-0.805	-0.336	-0.067	1.080	-0.587	-0.592	0.505	0.070	0.517	-1.147	0.087	1.275	0.000
59	-1.321	0.803	-0.449	0.492	0.096	-0.903	0.521	0.463	-0.201	-0.926	0.804	0.619	-0.002
60	-0.427	0.137	0.499	-0.513	0.368	-0.475	0.160	0.613	-0.566	-0.588	1.216	-0.425	-0.001
1961	-0.604	-0.644	0.560	0.416	0.105	-1.466	1.037	0.594	-0.626	-0.616	0.479	0.765	0.000
62	-0.700	-0.084	-0.376	0.676	0.583	-1.515	0.417	0.734	0.092	-1.126	0.234	1.065	0.000
63	-1.608	-0.642	0.239	1.361	-0.236	-1.881	0.941	1.275	-0.606	-1.228	0.070	2.314	-0.001
64	1.369	-1.830	-1.129	2.658	0.052	-2.196	0.181	1.963	-0.621	-0.975	-0.052	0.579	-0.001
65	-0.243	0.433	-0.484	0.091	0.901	-1.134	-0.323	1.783	-1.183	-0.625	1.282	-0.500	-0.002
66	-0.441	0.208	-0.128	0.187	0.321	-0.730	-0.143	1.425	-1.205	-0.204	0.746	-0.037	-0.001
67	0.467	-0.412	-0.078	0.316	0.463	-1.014	-0.001	1.278	-0.806	-0.749	1.303	-0.770	-0.003
68	-0.272	-2.077	0.985	1.392	-0.827	-0.965	0.255	1.160	0.048	-1.608	0.110	1.798	-0.001
69	0.651	-0.063	-1.412	0.979	1.029	-1.200	-0.718	1.280	0.345	-1.212	0.354	-0.034	-0.001
70	-0.551	1.508	-2.056	0.575	1.445	-1.416	-0.049	0.426	0.356	-0.442	-0.246	0.449	-0.001
1971	-0.249	-0.255	-0.309	0.854	0.073	-1.091	0.415	0.655	-0.124	-0.954	0.594	0.391	0.000
72	0.855	-0.714	-0.560	1.008	0.085	-0.828	0.095	0.664	-0.340	-0.058	-0.135	-0.072	0.000
73	0.933	-0.006	-1.672	1.883	0.228	-1.911	0.833	1.206	-1.361	0.017	0.839	-0.989	0.000
74	0.100	-0.319	-0.894	1.105	0.448	-1.051	-0.467	1.518	-0.623	-0.104	-0.614	0.901	0.000
75	0.061	-0.437	-0.430	1.193	-0.307	-0.886	0.606	0.104	0.397	-1.127	0.574	0.253	0.001
Total	-2.651	-14.327	-9.890	28.222	6.437	-36.415	3.393	35.609	-12.064	-27.642	15.016	14.289	-0.023

澤純夫：月平均気温の年内周期変動

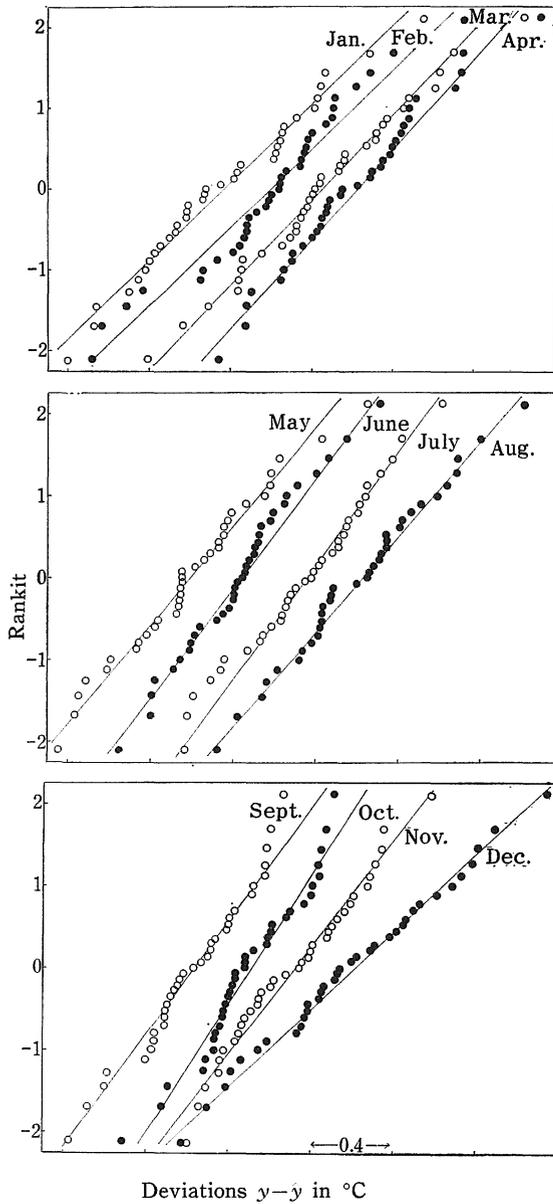


Fig. 2. Rankit test for agreement of the deviations in the monthly mean temperature in Matsue with the normal distribution, from the differences $d = y - \bar{y}$ shown in Table 5.

あまり口にすることなくすぐしてきている。これは春秋の気温が年間で、あまり変わらないことによるもので、これがどの程度のものであるか、相対的な数値に表現しておく必要があろう。

月平均気温 y の年間変動 (年較差) は、その平均値

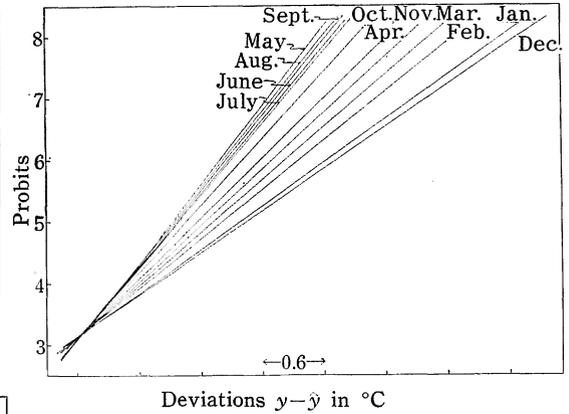


Fig. 3. Relations between probits and the differences $d = y - \bar{y}$ in Hamamatsu showing without 92 coordinate points for each month

\bar{y} と、2次のフーリエ曲線をあてはめたときに期待される気温 Y との差 $(\bar{y} - Y)^2$ 、各年の y と平均値 \bar{y} の相違 $V(y)$ 、各年次ごと2次のフーリエ曲線をあてはめたときにえられる期待値 \hat{y} と \bar{y} の相違 $V(\hat{y})$ 、および各年次ごとの $y - \hat{y} = d$ と、その平均値 \bar{d} との相違 $V(\bar{d})$ とによって、4通りの相対量として示すことができる。計算の結果を第4表に示した。

前半の松江の記録についてみると、 $(\bar{y} - Y)^2$ からは明瞭な答はえられないが、のこる $V(y)$ 、 $V(\hat{y})$ 、 $V(\bar{d})$ の値は、われわれが体験として日常口にする事をそのまま示している。すなわち、月平均気温の年間較差は、冬季2月を中心にして、最も大きくあらわれ、更に夏季8月を中心にしてその前後の変動が大きい。そして5月および10月が年間気温の変動の少い時期の中心となっている。第1表に示した月平均気温 y と、各年毎にもとめた2次のフーリエ曲線から計算した \hat{y} との差 d の値を第5表に示したが、この値の正規性は、第2図に示した、ランキットと d の関係の直線性から証明できる。そしてその回帰直線の傾きは、冬季、夏季のそれがゆるやかで、年間較差の少い時期のそれは急である事によって、上にしるした事がらは裏づけられている。

浜松における記録については、 $(\bar{y} - Y)^2$ からは、松江と同様判然とした傾向はえられないが、 $V(y)$ 、 $V(\hat{y})$ 、 $V(\bar{d})$ の値については、松江におけるそれとはことなり、年間変動は12月から3月にかけての冬期にだけ大きく、春から秋にかけてはあまり大きくない。それは各月毎プロビットによって d の正規性を示した第3図の直線の傾きからあきらかである。

各月ごと、 d を大きいものから順次小さいものにならべかえ、それぞれ12ヶ月の平均をもとめて、これとラン

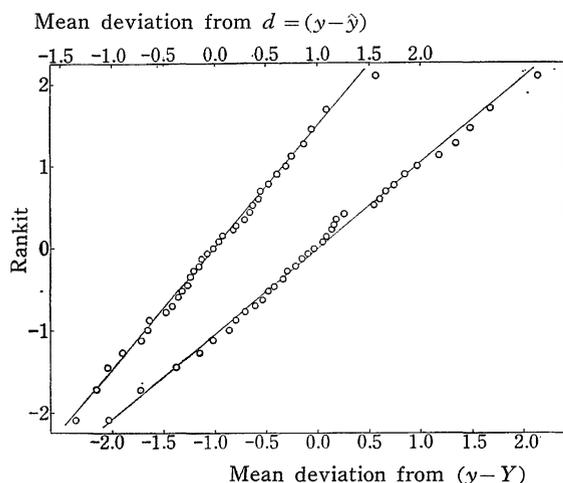


Fig. 4. Test for normality of the ranked deviations $(y-\bar{y})$ in Fig. 2 average over the 12 months (left curve), compared with a similar diagram of the average deviation $(y-Y)$ from the 35 year means for each month (\bar{y}) (right curve).

キットとの関係を示したのが第4図である。直線は0を通り、 $1/s=1.4944$ の変異係数をもってひかれたものである。きわめてよく直線に一致し、各年毎の2次のフーリエ曲線に関する変異は、根本的に正規であるとみなしえられる。また $(y-Y)$ について同様の図をえがいた右側の直線は、傾きがゆるやかで、かつそのちらばりが若干大きい。ここには示さないが、浜松における成績についても、これと全く同じ結果がえられた。

摘 要

松江における1941年から75年にいたる35年間と、浜松における1883年から同じく75年にいたる93年間の、月平均気温の年内推移は、共に2次のフーリエ曲線に近似できた。1ヶ月を構成する日数の長さによる補正計算には大きな意義は見出せなかった。あてはめることのできた2次のフーリエ曲線の方程式 $Y=14.2712-10.6948a_1-2.6665b_1+0.1938a_2+0.6326b_2$ および $Y=15.2399-9.8615a_1-2.6368b_1-0.3459a_2+0.5956b_2$ から、松江において1年の内で、最高気温を示す日は、8月2.88 \pm 3.17日で、25.7951 $^{\circ}$ C、最低気温を示す日は、1月23.88 \pm 4.37日で、3.7000 $^{\circ}$ Cと推定され、これに対して浜松においては、最高気温は8月7.30 \pm 2.73日、25.5363 $^{\circ}$ C、最低気温は1月23.07 \pm 2.72日で、4.9337 $^{\circ}$ Cと算定された。月平均気温の年間較差は、松江において、冬季2月を中心に最も大きくあらわれ、更に夏季8月を中心にその前後が大きかった。これに対し、浜松におけるそれは12月から3月にわたる冬季にだけ大きな変動がみられた。

引用文献

1. Bliss, C. I. : Connecticut Agr. Expt. Sta. Bull. No. 615 : 1-56, 1958.
2. Craddock, J. M. : Meteorological Res. Comm. (London) MRP No. 917 : 1955.
3. Emmens, C. W. : Principles of Biological Assay. Chapman & Hall, London. 1948.
4. 木村陽二郎 : 自然31(6) : 48-53, 1976.
5. 吉野善人・石飛秀敏・沢田 謙・足立美友 : 島根大農研究報告1 : 248-254, 1967.

Summary

The cyclic phenomenon in the monthly mean temperatures in Matsue over 35-year period (1941-1975) and that in Hamamatsu over 93-year period (1883-1975) were well described by two-term Fourier equations, $Y=14.2712-10.6048a_1-2.6665b_1+0.1938a_2+0.6326b_2$ and $Y=15.2399-9.8615a_1-2.6368b_1-0.3459a_2+0.5956b_2$, respectively. A correction for differences in the length of the successive months with Craddock's weighted multipliers proved of minor importance relative to other errors in fitting a two-term Fourier curve. In Matsue, the average maximum temperature occurred on August 2.88 \pm 3.17 and the minimum on January 23.88 \pm 4.37. Those in Hamamatsu occurred on August 7.30 \pm 2.73 and January 23.07 \pm 2.72. The maximum temperature averaged 25.7951 $^{\circ}$ C and the minimum 3.7000 $^{\circ}$ C in Matsue. Those in Hamamatsu averaged 25.5363 $^{\circ}$ C and 4.9337 $^{\circ}$ C, respectively. Observed monthly variances of the mean monthly temperatures in Matsue were greater in winter season centering around February and also in summer season centering around August than other seasons. However, that in Hamamatsu were only in winter season than others.