



Title	海洋観測値の計算機処理について
Author(s)	秋葉, 芳雄; AKIBA, Yoshio
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 21(4), 299-304
Issue Date	1971-02
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/23438">https://hdl.handle.net/2115/23438</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	21(4)_P299-304.pdf



# 海洋観測値の計算機処理について

秋葉芳雄\*

## Note on the Programming for Oceanographic Data Processing

Yoshio AKIBA

### Abstract

Lagrange's parabolic interpolation polynomial which is used for determining the interpolated values for oceanographic variables computes inadequate values with the large gradient of the variables.

A new computer program checking the inadequate interpolated values and replacing them by proper values is contrived. This program is more advantageous for oceanographic processing than the conventional Lagrange's method.

### 緒言

電子計算機の普及により海洋観測資料の処理は従来のグラフによる方法、すなわち内挿値の読みとり、 $\sigma_i$ の算出、観測常用表を用いての力学計算という、わずらわしい一連の作業をすべて計算機にまかせることが可能になった。北大水産学部の AICOM, 北大大型計算機センターの FACOM のいずれも容易に利用でき、従来の方法に比較して桁違いの速さで正確な資料処理が行なえる。ただ内挿値計算については一般に行なわれているラグランジュの3点法は観測値の傾度の大きな所で使用することは危険なのでその点を考慮してプログラムを作成した。

### 内挿値の問題点

海洋観測で得られた水温、塩分、酸素の値から標準層の値を求める計算はラグランジュ補間式の3点法が用いられている。すなわち深さを  $x$ , 観測値を  $y$  とするとある標準層  $x_0$  の  $y_0 (\equiv p(x_0))$  の値は次式で求められる。

$$p_{ijk}(x_0) = \frac{(x_0 - x_j)(x_0 - x_k)}{(x_i - x_j)(x_i - x_k)} y_i + \frac{(x_0 - x_i)(x_0 - x_k)}{(x_j - x_i)(x_j - x_k)} y_j + \frac{(x_0 - x_i)(x_0 - x_j)}{(x_k - x_i)(x_k - x_j)} y_k$$

ただし  $i, j, k$  は 1, 2, 3 か 2, 3, 4 で  $x_4 > x_3 > x_0 > x_2 > x_1$  と標準層をはさんで上下2層づつの観測層の値  $y_1, y_2, y_3, y_4$  を用い  $p_{123}, p_{234}$  を求めてその平均  $(p_{123} + p_{234})/2$  を内挿値とする方法が一般に行なわれている。しかしこの平均をとる方法は必ずしも有効ではない。第1表はこの方法によって計算された一例である。この表で 50 m の水温内挿値は明らかに不自然な値であることがわかる。またこの内挿値による  $\sigma_i$  の値は 50 m と 75 m で逆転している。第1図はこの観測点の BT 資料で、これと比較しても 50 m の  $1.76^\circ\text{C}$  の値は不適當である。これは 25 m から 41 m までの温度傾度が大きいため二次式を用いた補間式では  $p_{123}$ , すなわち 25, 41, 62 m の観測値による 50 m の計算内挿値は第2図のようになり異常な値を計算する。また  $p_{123}$  と  $p_{234}$  との差は  $1^\circ\text{C}$  を越え、このように傾度の大きな場所で平均をとることは無意味であることがわかる。したがって条件によって  $p_{123}$  と  $p_{234}$  に重みをかけて

$$p = r p_{123} + (1-r) p_{234}, \quad r < 1$$

\* 北海道大学水産学部海洋学気象学講座  
(Laboratory of Oceanography and Meteorology, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

Table 1. Result by Lagrange's parabolic interpolation  
STATION OS 66

OBSERVED			INTERPOLATED			CALCULATED		
DEPTH	TEMP	SAL	DEPTH	TEMP	SAL	SIG-T	D-T	D-DY
0	9.8	32.92	0	9.8	32.92	25.38	260	0.000
8	9.76	32.92	10	9.77	32.92	25.39	259	0.026
16	9.76	32.94	20	9.76	32.93	25.40	258	0.052
25	9.37	32.94	30	7.35	32.96	25.79	221	0.076
41	2.55	33.03	50	1.76	33.03	26.44	160	0.114
62	2.16	33.03	75	2.10	33.03	26.41	163	0.154
82	2.09	33.03	100	1.98	33.03	26.42	162	0.195
103	1.96	33.03						

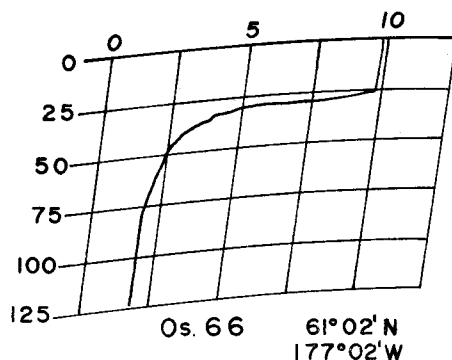


Fig. 1. BT record at station Os 66

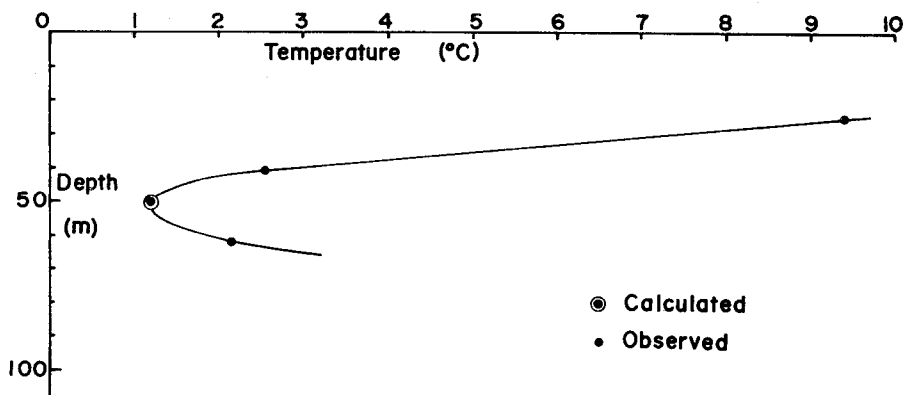


Fig. 2. Inadequate value calculated by parabolic interpolation polynomial at station Os 66

を求めればよいが、 $r$ の決定は一般的にはできない。またこの例では  $p_{234}$  の値は  $2.34^{\circ}\text{C}$  で内挿値として採用できるが、片方の値のみを採る場合  $p_{123}$ ,  $p_{234}$  のいずれを採るかは条件によって異なる。また更に点数を多くして4点法、5点法を用いてもラグランジュ補間式の性質上近似はよくなる。そこでもっとも簡単な方法は内挿値の誤差の大きな所では3点法を用いず2点法つまり linear に内挿

Table 2. Result by new program  
STATION OS 66

OBSERVED			INTERPOLATED			CALCULATED		
DEPTH	TEMP	SAL	DEPTH	TEMP	SAL	SIG-T	D-T	D-DY
0	9.8	32.92	0	9.8	32.92	25.38	260	0.000
8	9.76	32.92	10	9.77	32.92	25.39	259	0.026
16	9.76	32.94	20	9.59	32.93	25.43	257	0.052
25	9.37	32.94	30	7.24	32.96	25.80	221	0.076
41	2.55	33.03	50	2.38	33.03	26.39	165	0.114
62	2.16	33.03	75	2.10	33.03	26.41	163	0.155
82	2.09	33.03	100	1.98	33.03	26.42	162	0.196
103	1.96	33.03						

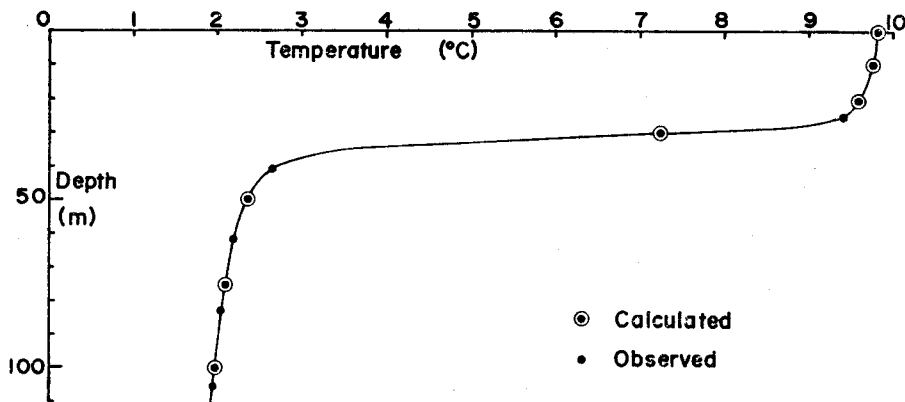


Fig. 3. Interpolated value by new program at station Os 66

値を求めた方が正しい値に近い。したがってこのプログラムでは2つの内挿値の差  $|p_{123} - p_{234}|/3$  を計算し、この値が0.04を越えた場合には計算機の判断により linear の内挿値を計算し、それを採用し  $\sigma_t$  以下の計算を行なうようにした。0.04 は各観測値の精度を0.02としての内挿値の精度である。このような変形ラグランジュ3点法で上記の例を計算しなおすと第2表のようになり、内挿値は妥当であり  $\sigma_t$  の逆転もみられない。第3図はこの計算内挿値をプロットしたもので BT 記録とくらべて、よい結果といえる。この例のような観測値は北洋の観測では多く見られるものであり、その処理にはこの変形ラグランジュ3点法は有効である。また温度、塩分等の鉛直分布に急変化があっても観測が標準層に近ければ、ラグランジュ3点法の誤差は小さく、平均をとっても妥当な値が得られるから、観測は標準層に近い値が求まるよう努める必要があることはいうまでもないが、この条件は一般の海洋観測では必ずしも満たされないから以上のような処置は必要である。

#### 計算プログラム

上記の変形ラグランジュ3点法で内挿値を求め、その値を用いて sigma-t, thermosteric anomaly, specific volume anomaly, dynamic depth anomaly を求めるプログラムは FACOM の場合は次のとおりである。また第3表はその計算例である。水産学部の AICOM ではメモリーが少ないので内挿値計算、力学計算を分割して同様に計算できる。

C	OCEANOGRAPHIC DATA PROCESSING	OCE 1
1	DIMENSION DS(25),DB(25),TB(25), SB(25), TEMP(24),SAL(24),SGMT(24),	OCE 2
	1DELTA(24), SVA(24), DDY2(24), LS(24), LDELTA(24), LSVA(24), LDB(25)	OCE2-1
2	READ(5,1) M	OCE 3
3	1 FORMAT(110)	OCE 4
4	READ(5,2) (DS(1), DB(I), TB(I), SB(I), I=1,M)	OCE 5
5	2 FORMAT(4F10.0)	OCE 6
6	MS=M-2	OCE 7
7	DO 70 I=2, MS	OCE 8
8	IF(DS(I)-DB(I))15, 15, 20	OCE 9
9	15 TEMP(I)=TB(I)	OCE10
10	SAL(I)=SB(I)	OCE11
11	GO TO 70	OCE12
12	20 PAI 1=(DS(I)-DB(I-1))*(DS(I)-DB(I))*(DS(I)-DB(I+1))	OCE13
13	D11=(DS(I)-DB(I-1))*(DB(I-1)-DB(I))*(DB(I-1)-DB(I+1))	OCE14
14	D12=(DB(I)-DB(I-1))*(DS(I)-DB(I))*(DB(I)-DB(I+1))	OCE15
15	D13=(DB(I+1)-DB(I-1))*(DB(I+1)-DB(I))*(DS(I)-DB(I+1))	OCE16
16	TS1=TB(I-1)/D11+TB(I)/D12+TB(I+1)/D13	OCE17
17	SS1=SB(I-1)/D11+SB(I)/D12+SB(I+1)/D13	OCE18
18	TP123=PAI1*TS1	OCE19
19	SP123=PAI1*SS1	OCE20
20	PAI2=(DS(I)-DB(I))*(DS(I)-DB(I+1))*(DS(I)-DB(I+2))	OCE21
21	D22=(DS(I)-DB(I))*(DB(I)-DB(I+1))*(DB(I)-DB(I+2))	OCE22
22	D23=(DB(I+1)-DB(I))*(DS(I)-DB(I+1))*(DB(I+1)-DB(I+2))	OCE23
23	D24=(DB(I+2)-DB(I))*(DB(I+2)-DB(I+1))*(DS(I)-DB(I+2))	OCE24
24	TS2=TB(I)/D22+TB(I+1)/D23+TB(I+2)/D24	OCE25
25	SS2=SB(I)/D22+SB(I+1)/D23+SB(I+2)/D24	OCE26
26	TP234=PAI2*TS2	OCE27
27	SP234=PAI2*SS2	OCE28
28	TP=(TP123+TP234)/2.0	OCE29
29	SP=(SP123+SP234)/2.0	OCE30
30	TERR=ABS((TP123-TP234)/3.0)	OCE31
31	SERR=ABS((SP123-SP234)/3.0)	OCE32
32	IF(TERR-0.04)30, 30, 40	OCE33
33	30 TEMP(I)=TP	OCE34
34	GO TO 45	OCE35
35	40 TALIN=TB(I)+(TB(I+1)-TB(I))*(DS(I)-DB(I))/(DB(I+1)-DB(I))	OCE36
36	TEMP(I)=TALIN	OCE37
37	45 IF(SERR-0.04)50, 50, 60	OCE38
38	50 SAL(I)=SP	OCE39
39	GO TO 70	OCE40
40	60 SALIN=SB(I)+(SB(I+1)-SB(I))*(DS(I)-DB(I))/(DB(I+1)-DB(I))	OCE41
41	SAL(I)=SALIN	OCE42
42	70 CONTINUE	OCE43
43	PAI 1=(DS(M-1)-DB(M-2))*(DS(M-1)-DB(M-1))*(DS(M-1)-DB(M))	OCE44
44	D11=(DS(M-1)-DB(M-2))*(DB(M-2)-DB(M-1))*(DB(M-2)-DB(M))	OCE45
45	D12=(DB(M-1)-DB(M-2))*(DS(M-1)-DB(M-1))*(DB(M-1)-DB(M))	OCE46
46	D13=(DB(M)-DB(M-2))*(DB(M)-DB(M-1))*(DS(M-1)-DB(M))	OCE47
47	TS1=TB(M-2)/D11+TB(M-1)/D12+TB(M)/D13	OCE48
48	SS1=SB(M-2)/D11+SB(M-1)/D12+SB(M)/D13	OCE49
49	TEMP(M-1)=PAI1*TS1	OCE50
50	SAL(M-1)=PAI1*SS1	OCE51
51	TEMP(1)=TB(1)	OCE52

52	SAL(I)=SB(I)	OCE53
53	M1=M-1	OCE54
54	DO 80 I=1, M1	OCE55
55	F1=(TEMP(I)-3.98)*(TEMP(I)-3.98)*(TEMP(I)+283.0)	OCE56
56	F1=F1/(-503.571)/(TEMP(I)+67.26)	OCE57
57	F2=TEMP(I)*TEMP(I)*TEMP(I)*0.0000010843-TEMP(I)*TEMP(I)	OCE58
	1 *0.000098185+TEMP(I)*0.0047867	OCE58-1
58	F3=TEMP(I)*TEMP(I)*TEMP(I)*0.00000001667-TEMP(I)*TEMP(I)	OCE59
	1 *0.0000008164+TEMP(I)*0.00001803	OCE59-1
59	FS=SAL(I)**3*0.00000676786136-SAL(I)**2*0.000482491	OCE60
	1 +SAL(I)*0.814876577	OCE60-1
60	SGMT(I)=F1+(FS+0.03895414)*(1.0-F2+F3*(FS-0.22584586))	OCE61
61	DELT(I)=0.02736-SGMT(I)*0.001/(1.0+SGMT(I)*0.001)	OCE62
62	DDS=DS(I)/10000.0	OCE63
63	DDDS=4886.0/(1.0+DS(I)*0.0000183)	OCE64
64	BK=(FS-28.1324)/10.0	OCE65
65	TEM2=TEMP(I)*TEMP(I)	OCE66
66	A1=DS(I)*0.0001*(105.5+TEMP(I)*9.5-TEM2*0.158-DS(I)*TEMP(I)	OCE67
	1 *0.00015)	OCE67-1
67	A2=227.0+TEMP(I)*28.33-TEM2*0.551+TEMP(I)*TEM2*0.0004	OCE68
68	BT=32.4-TEMP(I)*0.87+TEM2*0.02	OCE69
69	B1=BK*(147.3-TEMP(I)*2.72+TEM2*0.04-DS(I)*BT*0.0001)	OCE70
70	B2=BK*BK*(4.5-TEMP(I)*0.1-DS(I)*0.0001*(1.8-TEMP(I)*0.06))	OCE71
71	ASTP=(1.0-DDS*(DDDS+A1-A2-B1+B2)/100000.0)/(1.0+SGMT	OCE72
	(I)*0.001)	OCE72
72	A35P=(1.0-DDS*(DDDS+DS(I)*0.0105909-228.862)/100000.0)*0.972643	OCE73
73	SVA(I)=ASTP-A35P	OCE74
74	80 CONTINUE	OCE75
75	DDY2(I)=0.0	OCE76
76	DO 90 I=2, M1	OCE77
77	DP=DS(I)-DS(I-1)	OCE78
78	DDY1=(SVA(I)+SVA(I-1))*DP/2.0	OCD79
79	DDY2(I)=DDY2(I-1)+DDY1	OCE80
80	90 CONTINUE	OCE81
81	DO 100 I=1, M1	OCE82
82	L=DS(I)	OCE83
83	LS(I)=L	OCE84
84	LD=DELT(I)*100000.0	OCE85
85	LDELT(I)=LD	OCE86
86	LSV=SVA(I)*100000.0	OCE87
87	LSVA(I)=LSV	OCE88
88	100 CONTINUE	OCE89
89	DO 110 I=1, M	OCE90
90	KDB=DB(I)	OCE91
91	LDB(I)=KDB	OCE92
92	110 CONTINUE	OCE93
93	WRITE(6,3)	OCE94
94	3 FORMAT(1H1,/, 1H , 74HDEPTH TEMP SAL DEPTH	OCE95
	1 TEMP SAL SIG-T D-T SVA D-DY)	OCE95-1
95	WRITE(6,4) (LDB(I), TB(I), SB(I), LS(I), TEMP(I), SAL(I), SGMT(I),	OCE96
	1 LDELT(I), LSVA(I), DDY2(I), I=1, M1)	OCE96-1
96	4 FORMAT(1H , 15, 2F8.2, 19.3F8.2, 216, F8.3)	OCE97
97	WRITE(6,5) LDB(M), TB(M), SB(M)	OCE98

98 5 FORMAT(1H, 15, 2F8.2)  
 99 STOP  
 100 END

OCE99  
 OCE100  
 OCE101

Table 3. Final output by FACOM

DEP1H	TEMP	SAL	DEPTH	TEMP	SAL	SIG-T	D-T	SVA	D-DY
0	28.20	34.22	0	28.20	34.22	21.76	605	605	0.000
10	28.00	34.23	10	28.00	34.23	21.84	598	598	0.060
20	28.01	34.24	20	28.01	34.24	21.84	598	598	0.120
29	28.08	34.34	30	28.09	34.35	21.90	593	593	0.180
48	28.21	34.50	50	28.21*	34.52	21.99	584	585	0.298
72	28.19	34.71	75	27.35*	34.72	22.42	543	545	0.439
96	21.48	34.77	100	21.06*	34.77	24.33	361	364	0.553
121	18.84	34.77	125	18.43	34.76	25.00	296	300	0.636
145	16.49	34.70	150	16.05	34.68	25.51	248	252	0.705
193	12.83	34.57	200	12.41	34.57	26.19	183	188	0.815
241	10.49	34.58	250	10.23	34.59	26.61	144	149	0.899
289	9.44	34.61	300	9.28	34.61	26.79	126	132	0.970
372	8.50	34.61	400	8.23	34.61	26.95	111	118	1.095
466	7.65	34.59	500	7.37	34.58	27.05	101	109	1.210
561	6.90	34.55	600	6.61	34.54	27.13	94	102	1.316
656	6.25	34.54	700	6.04	34.54	27.20	87	96	1.416
750	5.83	34.54	800	5.59	34.54	27.26	82	91	1.510
940	4.91	34.55	1000	4.60	34.56	27.39	69	79	1.681
1129	3.96	34.58	1200	3.67	34.59	27.51	58	67	1.829
1403	3.04	34.60							

## 要 約

海洋観測値の整理を電子計算機で行なう場合、内挿値計算についてはラグランジュ3点法は誤差の大きい値を計算することがあるのでそれを計算機に判断させ適正な値を計算するよう考慮したプログラムを作成した。特に北洋の観測資料は従来の3点法では誤差の大きく出る場合が多く、このプログラムによる処理は有効である。

終わりにこの問題に関して種々御助言をいただいた竹内能忠教授、プログラム作成に御援助をいただいた川島利兵衛助教授に深く感謝致します。

## 文 献

- 1) Rattray, M. (1960). Interpolation errors and oceanographic sampling. *Deep Sea Res.* 9, 25-37.
- 2) 森口繁一・高田勝(1958). 数値計算法 I. 80p. 東京; 岩波書店.