

## 最近のCTD観測について

益 永 典 昭（福井県水産試験場）

この数年、CTD自体の改善、水温センサーの応答時間の大幅な短縮、信頼性の高まりがあいまって、多くの調査・研究機関にCTDが導入されつつある。また、ユネスコの勧告——塩分及び密度に関する定義の変更について——により新しい塩分（実用塩分）密度の計算式を採用する必要性が生じ、海上保安庁は新方式を採用し、データの国際統一化を実施している。

海洋自体がグローバルなものである以上、そのデータもまたグローバルであり、各機関により取得されたデータに整合性が求められるべきことは極めて当然である。

そして、整合性を果たせるべく努めていくことは現場サイドの責任でもあろう。

各機関で使用する計測器が多種・多様であり、それぞれから莫大なデータが取得されているが、それらの値（とくに塩分）の整合性についてどの程度考慮が払われているであろうか。

水温の場合よほどのことのない限り、1) 0.5℃以上の器差はない 2) DBT, BT, XBTのように指示値が実際の深度に正しく対応しているかどうかの問題——とくに、温度勾配の大きいところ——であるため、ここでは「塩分」測定（測定値）に限ることにする。

塩分測定には2つの方法が一般的である。すなわち、1) 採水後サリノメーターによる測定 2) CTD, STDによる直接測定である。問題は、これらの方法によって取得されたデータにどの程度の整合性があるか、また、整合性をいかにして果たせるかである。

筆者は、現場にタッチして、とくに塩分の整合性に疑問を持ちつづけてきた。そして、恐らくあまり整合性はなく、0.5%程度の差があるのではないかと推測をしている。

それぞれの機関、担当者がデータの“質”について関心を持ち、沿岸観測等のデータの質の向上に努力されることを期待しつつ筆者なりの改善策を提案したい。

1. いわゆるサリノメーターの使用についての講習会を開催する。例えば、方法については舞鶴海洋気象台の方法に統一する。
2. 数種の同一海水を定期的に各機関に配分し、器差・個人誤差のチェックと機器の不良の発見を行う。

3. CTD・STDについては、検定を実施し得る機能を持つ何らかの機関を整備する。

これらのことが実現されれば、海洋観測における1つの重要な測定要素である塩分の整合性は飛躍的に高まり、今後の研究に貢献するであろう。

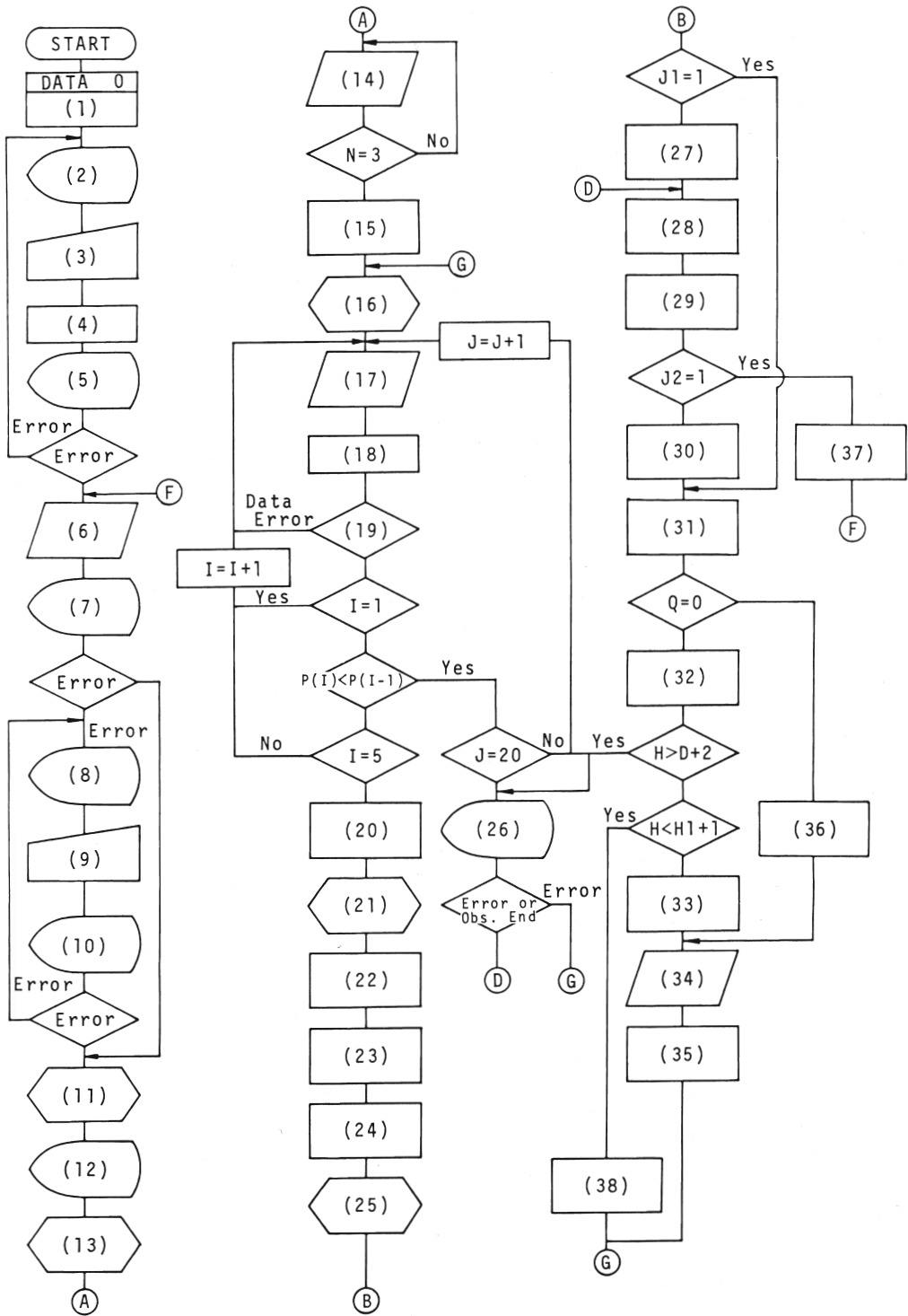
また、海洋観測においては“総合誤差”を小さくすることが何よりも重視されねばならない。そして、1) 船位の誤差 2) 計測器の誤差 3) 個人誤差などの個々の誤差を小さくすることもまた総合誤差を小さくする意味で重要である。

以上のことは、あくまで取得するデータについての質の向上面からの話であり、水産面でどの程度の整合性が実用的であるかについては、水産サイド、物理サイドの真摯な検討がなされるべきであろう。

終わりに、福井県水産試験場により開発したCTDオンライン処理のプログラムのフローチャート及びプログラムを付記する。なお、本プログラムの確実性については、中川拓郎氏（伯東株式会社）が上位機種HP9826を用いて確認した。

#### CTDオンラインプログラムの特徴

- ① P, T, Cは5個単位で処理し、最大値、最小値を除く3個で平均している。
- ② 船のローリング、ピッチングによる影響を排除。
- ③ 水中プローブを上昇させれば、一定時間後自動的に処理する。
- ④ 所定層は一部の書き替えで可能。
- ⑤ 鉛直面の単位は幾可学的深度 ( $m$ ) である。
- ⑥ 実用塩分、シグマティ、密度の計算はユネスコの勧告した式に基づく。



付図 CTDオンライン処理フローチャート

## フローチャートの説明

- (1) 全ての測点番号, 水深の設定
- (2) 年月日, 時刻の Input 方法などを CRT に表示
- (3) 年月日, 時刻の Input
- (4) Set time
- (5) 年月日 (Date), 時刻 (Time) を CRT に表示
- (6) Data 0 より Sta. No., Depth を読み込む
- (7) Sta. No., Depth を CRT に表示
- (8) Sta. No., Depth の Input の方法などを CRT に表示
- (9) Sta. No., Depth の Input
- (10) Sta. No., Depth を CRT に表示
- (11) 定数 (I) の設定
- (12) 水中プループ (ウインチ) の操作を CRT に表示
- (13) 定数 (II) の設定
- (14) Neil Brown CTD より P, T, C を読み込む
- (15) P の平均 (ゼロ点 D0) の計算
- (16) 初期値の設定
- (17) Neil Brown CTD より P, T, C を読み込む
- (18)  $P(I) = P(I) - D0$
- (19) データ [ P (I), C (I) ] は正しいか否か
- (20) U (I, J), W (I, J) のディメンジョン設定  
P (I) → U (1, I)  
T (I) → U (2, I)  
C (I) → U (3, I)
- (21) 定数 (III) の設定
- (22) U (1, I), U (2, I), U (3, I) の Max., Min. を求めそれらをゼロで置換する。
- (23)  $P0 = \sum U (1, I)$   
 $T0 = \sum U (2, I)$   
 $C0 = \sum U (3, I)$
- (24) P0, T0, C0 の平均を求め補正する。

- (25) 実用塩分 (Sal), シグマティ (Sig.-T), 密度 ( $\rho$ ) の計算時間短縮のための  
変数の設定
- (26) Error の原因と対応方法等を CRT に表示
- (27) タイトル (Sta.;) と Sta. No. のプリントと CRT 表示
- (28) 測定開始または終了年月日, 時刻の計算
- (29) タイトル (Date;, Time;) と Date, Time のプリントと CRT 表示
- (30)  $J1 = 1, J2 = 1$   
タイトル (Dep., Temp., Sel., Sig.-T のプリントと CRT 表示
- (31) Sal., Sig.-T,  $\rho$  の計算
- (32)  $P = \int_0^H \rho g dz$  (プログラム上では  $H_n = H_{n-1} + \frac{2}{g} \cdot \frac{p_n - p_{n-1}}{\rho_n + \rho_{n-1}}$ ) を用い H を  
計算
- (33) Interpolation により所定層の T, S, Sig.-T を計算
- (34) 所定層の Sal., Temp., Sig.-T のプリントと CRT 表示
- (35) 所定層の設定  
 $H1 = \text{所定層} - 1$
- (36)  $Q = 1$   
計算値等の置換
- (37) 1 測点での観測終了  
改行し次の測点での観測に備える。
- (38) 計算値等の置換

付表 CTDオンライン処理プログラム

```

10 DATA 12,53,13,80,1,80,2,105,3,255,4,255,5,305,6,305,7,305,8,155,9,305,10,205,
11,105
20 !
30 PRINTER IS 2 @ CRT IS 1
40 ! *****
50 ! ** FUKUI PREFECTURAL **
60 ! ** FISH. LABOLATRY **
70 ! ** By Noriaki Masunaga **
80 ! *****
90 CLEAR
100 ! PROGRAM =ENGAN=
110 DISP " Program=ENGAN="
120 DISP @ DISP
130 DISP " Input Year,Month,Day,Time Ex. ;1) 830112,1835"
140 DISP " 2) Key(ENDLINE)"
150 DISP " 83;Year 01;Month 12;Day 18
:Hour 35;Min."
160 INPUT A,G0
170 B=IP(A*.0001)*10000 @ G2=IP(G0*.01) @ G0=FP(G0*.01)*100 @ G1=IP(G2/24) @ G=G
2*100
180 G=G*36 @ SETTIME G,B @ CLEAR @ DISP @ DISP
190 IMAGE K,2ZF2ZF2Z,K,2Z,K,2Z
200 DISP USING 190 ; "Date;","A," Time;","G2,":","G0
210 DISP " Input Error;Key(k1) No Error;Key(k3)"
220 ON KEY# 1,"RETURN" GOTO 120 @ ON KEY# 3,"NEXT " GOTO 240
230 GOTO 230
240 CLEAR @ READ Y$,D
250 DISP @ DISP
260 IMAGE K,K,K,3D
270 DISP USING 260 ; " Sta.;" ,Y$," Depth;" ,D
280 DISP @ DISP @ DISP " Error ;Key(k1) No Error ;Key(k3)"
290 ON KEY# 1,"ERROR" GOTO 310 @ ON KEY# 3,"CONT" GOTO 410
300 GOTO 300
310 CLEAR @ DISP @ DISP
320 DISP " Input Sta.No.,Depth Ex. ;1) 46,150 "
330 DISP " 2) Key(ENDLINE) 46;Sta.No. 150;Depth"
340 INPUT Y$,D
350 DISP @ DISP @ CLEAR
360 IMAGE K,K,K,3D
370 DISP USING 360 ; "Sta.;" ,Y$," Depth;" ,D
380 DISP @ DISP @ DISP " Error ;Key(k1) No Error;Key(k3)"
390 ON KEY# 1,"NEWST" GOTO 310 @ ON KEY# 3,"START" GOTO 410
400 GOTO 400
410 CLEAR
420 INTEGER I,J,K,L,M,N
430 F7=1/3/400 @ T7=1/3/2000 @ C7=1/3/1000 @ DISP @ DISP
440 DISP " 1.CTD(1150) Switch ON 2.AUDIO Switch ON or OFF"
450 DISP " 3.SOURCE Switch DIRECT" @ DISP " 4.Key(CONT)"
460 DISP @ DISP " *1 Let down a senser to the depth(Dm)."
470 DISP " *2 Lift up a senser after the final layer is printed over."
480 DISP @ DISP @ PAUSE
490 D0=0 @ N1=0 @ N2=0 @ H1=0 @ M=0 @ J1=0 @ J2=0 @ H(1)=0 @ Q=0

```

附表 つづき①

```

500 RESET 3 @ CONTROL 3,3 ; 15
510 !
520 FOR N=1 TO 3 @ SEND 3 ; DATA 0 @ ENTER 3 ; P,T,C@ DO=DO+P @ NEXT N
530 !
540 DO=DO/3 @ P9=DO/400
550 BEEP 40,1000 @ CLEAR
560 IMAGE K,K,K
570 DISP USING 560 ; "Sta.",Y#, " On Observation"
580 !
590 P0=0 @ T0=0 @ C0=0 @ I=1 @ J=1
600 SEND 3 ; DATA 0 @ ENTER 3 ; P(I),T(I),C(I)
610 P(I)=P(I)-DO
620 IF P(I)<8 THEN 600
630 IF I=1 THEN I=I+1 @ GOTO 600
640 IF P(I)<P(I-1) THEN 690
650 IF I#5 THEN I=I+1 @ GOTO 600 ELSE 710
660 IF P(I)<400*P9 THEN 600
670 IF C(I)<20000 OR C(I)>60000 THEN 600
680 !
690 IF J=80 THEN 1420 ELSE J=J+1 @ GOTO 600
700 !
710 DIM U(3,5),W(3,2)
720 FOR I=1 TO 5 @ U(1,I)=P(I) @ U(2,I)=T(I) @ U(3,I)=C(I) @ NEXT I
730 W(1,1)=0 @ W(2,1)=0 @ W(3,1)=0 @ W(1,2)=16000 @ W(2,2)=60000 @ W(3,2)=60000
740 W(1,2)=16000 @ W(2,2)=60000 @ W(3,2)=60000
750 FOR J=1 TO 5 @ FOR I=1 TO 3
760 W(I,1)=MAX(W(I,1),U(I,J)) @ W(I,2)=MIN(W(I,2),U(I,J))
770 NEXT I @ NEXT J
780 J4=0 @ K=1 @ I=1 @ J=1
790 IF U(K,I)-W(K,J)#0 THEN I=I+1 @ GOTO 790 ELSE U(K,I)=0 @ I=1
800 IF J#2 THEN I=1 @ J=J+1 @ GOTO 790 ELSE J=1
810 IF J4#2 THEN K=K+1 @ J4=J4+1 @ J=1 @ I=1 @ GOTO 790
820 FOR I=1 TO 5 @ P0=U(1,I)+P0 @ T0=U(2,I)+T0 @ C0=U(3,I)+C0 @ NEXT I
830 P0=P0*P7 @ P9=P0 @ T0=T0*T7 @ C0=C0*C7 @ R1=.023305134121*C0
840 T2=T0*T0 @ T3=T2*T0 @ T4=T2*T2 @ T5=T0-15 @ P2=P0*P0 @ P3=P0*P2
850 !
860 IF J1=1 THEN 1050
870 PRINT "Sta.:";Y#
880 G=TIME @ U=IP(G+60*60+30) @ N6=0 @ R=1
890 Q=IP(U/60) @ N6=N6+(U-Q*60)*R*R
900 IF N6-240000<0 THEN 930
910 N8=IP(N6/240000) @ N6=N6-240000
920 IF N8#G1 THEN A=A+1 @ G1=G1+1
930 U=Q @ R=R*10
940 IF U#0 THEN 890
950 M6=IP(N6*.0001) @ M7=FP(N6*.0001) @ M7=IP(M7*100)
960 !
970 IMAGE K,2ZP2ZP2Z,K,2Z,K,2Z
980 PRINT USING 970 ; "Date:",A," Time:",M6,"",M7
990 IF J2=1 THEN 1560
1000 J1=1 @ J2=1
1010 PRINT "Dep. Temp. Sal. Sig-T" @ DISP " Dep. Temp. Sal. Sig-T"
1020 !
1030 ! Salinity(S0),Sigma-T(U1),Density(D0)
1040 !
1050 L0=.6766097+.0200564*T0+.0001104259*T2-.00000069698*T3+1.0031E-9*T4
1060 !

```

付表 つづき②

```

1070 L1=.000207*P0-.0000000637*P2+3.989E-12*P3
1080 L2=1+.03426*T0+.0004464*T2+(.4215-.003107*T0)*R1
1090 R1=R1/L0/(1+L1/L2) @ R2=R1*R1 @ L4=T5/(1+.0162*T5) @ R0=SQR(R1)
1100 S1=.008+(-.1692+14.0941*R1+2.7081*R2)*R0+25.3851*R1-7.0261*R2
1110 S0=S1+L4*(.0005-(.0056+.0375*R1+.0144*R2)*R0-.0066*R1+.0636*R2)
1120 !
1130 !
1140 S1=SQR(S0) @ S2=S0*S0
1150 U1=999.842594+.06793952*T0+(-.00909529+.0001001685*T0)*T2
1160 U1=U1+(-.000001120083+6.536332E-9*T0)*T4
1170 U1=U1+(.824493-.0040899*T0+(.000076438-.00000082467*T0)*T2+5.3875E-9*T4)*S0

1180 U1=U1+(-.00572466+.00010227*T0-.0000016546*T2)*S0*S1+.00048314*S2
1190 U1=.001*U1
1200 U2=19652.21+148.4206*T0-2.327105*T2+.01360477*T3-.00005155288*T4
1210 U2=U2+(54.6746-.603459*T0+.0109987*T2-.00006167*T3)*S0+(.07944+.016483*T0-.00053009)*S1*S0
1220 U3=3.239908+.00143713*T0+.000116092*T2-.000000577905*T3
1230 U4=.0000850935-.00000612293*T0+.000000052787*T2
1240 U4=U4+(-.00000099348+.00000020816*T0+9.1697E-10*T2)*S0
1250 U2=U2+U3*P0+U4*P2 @ D0=U1/(1-P0/U2) @ U1=U1*1000-1000
1260 !
1270 IF D=0 THEN H0=0 @ D=1 @ P1=0 @ D1=D0 @ H(2)=0 @ GOTO 1340
1280 I=1
1290 H(I+1)=H(I)+20.4081632653*(P0-P1)/(D0+D1)
1300 IF H(2)>D-1 THEN 1420
1310 IF H(2)<H1+1 THEN V1=T0 @ V2=S0 @ V3=U1 @ P1=P0 @ H(1)=H(2) @ Q1=1 @ GOTO 590
1320 H0=H1+1-H(1) @ H=H0/(H(2)-H(1)) @ T0=H*(T0-V1)+V1 @ S0=H*(S0-V2)+V2 @ U1=H*(U1-V3)+V3
1330 H0=H1+1
1340 BEEP
1350 IMAGE DDD,2X,DD,DD,2X,DD,DDD,2X,DD,DD
1360 PRINT USING 1350 ; H0,T0,S0,U1
1370 IMAGE DDD,DD,2X,DD,DD,2X,DD,DD,2X,DD,DD
1380 DISP USING 1370 ; H0,T0,S0,U1
1390 IF H1>40 THEN N2=N2+1 @ H1=25*N2+50-1 @ GOTO 590
1400 N1=N1+1 @ H1=10*N1-1
1410 GOTO 590
1420 CLEAR
1430 BEEP 30,3000 @ BEEP 40,3000
1440 !
1450 DISP @ DISP @ CLEAR
1460 DISP "(1)Intake Error"
1470 DISP " 1.Lift up a senser to your necessary layer. "
1480 DISP " 2.Let down a senser. 3.Push a key(k3)"
1490 DISP @ DISP "(2)Winch Man Error,Rolling or Pitching"
1500 DISP " 1.Instruct to let down a senser against a winch man"
1510 DISP " 2.Push a key(k3)"
1520 DISP @ DISP "(3)Observation End 1.Push a key(k1)"
1530 ON KEY# 1,"END" GOTO 1550 @ ON KEY# 3,"ERROR" GOTO 590
1540 GOTO 1540
1550 CLEAR @ GOTO 880
1560 PRINT @ PRINT @ PRINT @ PRINT @ CLEAR
1570 GOTO 240
1580 END

```