

転倒温度計データの計算機処理

井本泰司*

THE COMPUTER PROCESSING OF REVERSING THERMOMETER DATA

Taiji Imoto*

Received 1978 September 18

Abstract

The data management of reversing thermometers, which are used in oceanographic serial observation of several layers of water, consists of the following data handling processes: 1) checking calibration constants in the thermometer constants, file 2) charting a correction diagram for each of the thermometers in use, 3) correcting the thermometer reading values, 4) estimating the thermometric depth of the observed layer. processes 1) and 2) are executed in advance of the cruise. However, data processes 3) and 4) are carried out on board, and they are time consuming and laborious, especially in a rough sea, erroneous results being unavoidable. In order to reduce the data handling time on board and make it free of mistakes, and also to attain an automated data processing, a method of computer processing has been tried for the reversing thermometer data. The contents of the computer program are as follows.

- 1) Calculation of the thermometer correction, and finding the thermometric depth.
- 2) Drawing the temperature correcting chart with an X-Y plotter.
- 3) Plotting the induced thermometric depth on the L (wire length) versus $L-D$ (wire length minus thermometric depth) graph.

These programs has been already put to routine use in the reduction of the reversing thermometer data of the serial observations, and its usefulness ha been confirmed. Further improvement to the existing programs will lead to a oherent data processing, and will enable us to enrich the store of oceanographic data.

1. まえがき

海洋における深海までの各層の採水測温観測において、観測作業終了後の資料整理は動揺する船上で時間に追われながら実施することが多いため、観測者の大きな負担になっている。まず事前に、観測に使用する転倒式温度計の温度更正図を作図しなければならないが、1回の観測に大体120本もの温度計を使用するため、これの計算と作図に2~3週間費すのが通例である。次に、船上においては温度更正図をもとに各測点の観測終了後、読

* 海象課 Oceanographic Division

み取った水温値の補正を行って被圧深度を求めているが、これらを手計算で行っているため時間を要するだけでなく、誤りを犯し易い。これらの時間を短縮し、精度の向上をはかるために、データの処理や図表の作成にミニコンピューター(HITAC-10II)とXYプロッターを使って、(1) 読み取り水温を補正して被圧深度を求めること、(2) XYプロッターを使った温度計更正図を作図すること、及び(3) XYプロッターを使った深度決定図を作ること、を行わせるプログラムを作成した。これによって、観測準備や資料整理の合理化とスピード化を行うことができたので、これらの処理およびプログラム内容について紹介する。

2. 温度計の温度補正および被圧深度の計算式

各層観測には転倒式温度計を使用している。これをナンゼン採水器の外側の枠に取り付けてワイヤーによって海中に降ろす。所定の水深に達したところでメッセンジャーにより採水器を転倒させると、その場所の海水を採水すると同時に温度計も転倒する。その時に温度計の水銀球部から切れた水銀糸頭が、ちょうど転倒時の水温を示すようになっている。温度計には防圧温度計、被圧温度計の二種類があって、前者は現場の水温を測定するもので、後者は観測深度を求めるためのものである。被圧温度計には水圧がかかり、防圧温度計には直接水圧がかからないような構造にそれぞれ作られているから、被圧温度計と防圧温度計を同時に用いると、両温度計の示す温度には水圧の増加による差があらわれる。あらかじめ水圧の増加とそれによる水銀糸の上昇の関係を求めておけば、この温度差から深さを求めることができる。しかし、温度計は水温測定現場と異なった温度の海水層を通過して船上に引き上げられるので、温度計全体の温度は現場水温と異なってくる。したがって、温度計の示度は測られた温度から少し変ってくる。そこで読みとられた示度から現場の水温を求めるためには補正が必要である。これらの補正值は防圧温度計、被圧温度計に対しそれぞれ次式で与えられる。

$$\text{(防圧)} \quad dt_0 = \beta_0(V_0 + t_0 + I_0)(t_0 + I_0 - \tau_0 + i_0) / \{1 - \beta_0(V_0 + t_0 + I_0 - \tau_0 + i_0)\} + I_0 \quad (1)$$

$$\text{(被圧)} \quad dt_1 = \beta_1(V_1 + t_1 + I_1)(t_w - \tau_1) + I_1 \quad (2)$$

ここで dt_0 、 dt_1 はそれぞれ防圧温度計、被圧温度計の読み取り示度に加えるべき補正值である。なお添字“0”は防圧温度計に対するもの、添字“1”は被圧温度計に対するものと約束する。 t_0 、 t_1 は主(転倒)温度計の示度。 τ_0 、 τ_1 は副温度計の示度。 β_0 、 V_0 、 I_0 、 i_0 、 β_1 、 V_1 、 I_1 は各温度計の個有定数である。(1)及び(2)から得られた補正值を用いて正しい現場温度(t_p 、 t_w)がわかると、被圧深度 D は次式から求めることができる。

$$D = 10 \cdot (t_p - t_w) / K \bar{\rho} \quad (3)$$

ここで $t_p = t_1 + dt_1$ 、 $t_w = t_0 + dt_0$ 、 K は圧力係数、 $\bar{\rho}$ は表層から深度 D までの平均密度である。このようにして読み取り水温の補正をして被圧深度を求めているのであるが、船上においてはかなりの工程を踏み、手数のかかる作業となっている。

3. 読み取り水温を補正して被圧深度を求める

観測はあらかじめ定められた測点(通常観測船の一行動で30~40測点)で実施される。1測点の観測値(ここでは測温だけを問題にする)は、1本のワイヤーに用意されたナンゼン採水器の数に等しい各層の測温データのセットで構成される。各層測温データのセットは、2本の防圧温度計と100m以深においてはさらに1本の被圧温度計の測温データで構成され、各温度計は主温度計の外に副温度計を持つからデータセットに含まれる測温データの数は4又は6である。Figure 1aに1測点の測温データを例示した。計算機への入力には紙テープにパンチされたものが用いられる。測温データの処理は読み取り温度に対する補正值と被圧深度の計算が主要な内容であるが、この計算に先立って、温度計マスターファイルから観測に用いられる温度計の選別が行なわれる。温度

計マスターファイル（紙テープ）は水路部で保有する約 400 本の転倒式温度計についての 1 本ごとの定数表の集まりである。定数表は温度計番号、定数、器差、検定日から成り、19 個の数値データで構成される。Figure 1b に温度計定数表を例示した。1 観測行動に用意される転倒式温度計の総数は約 120 本であり、これらはすべて計算機の主記憶装置に温度計定数ファイルとして格納される。従って各データセットはそこで用いられた温度計定数を主記憶装置の定数ファイルから読み出せばよい。これだけの計算（出力も含めて）に要する時間は 6 分である。以上の計算処理を行うプログラムの流れ図を Figure 2 に示した、又このプログラムによる出力を Figure 3 に例示した。

4. XY プロッターを使った温度更正図、深度決定図の作図

(1) 温度更正図

個々の転倒式温度計について補正值は(1)及び(2)式から主温度計と副温度計の読み取り示度 t 及び τ の関数として与えられるから、これらの 3 変数間の関係図として図示することができる。これを温度計更正図と呼んでいる。温度計は通常 3 年ごとに検定を受けるから、その都度作図し直す必要がある。今回この作図を XY プロッターで行うプログラムも作成した。前節で述べたプログラムではこれらの処理も含めたものであるが、データの入力ミスによる誤った処理をチェックする目的で、温度更正図を用いて補正值を求めることができるようにしておくことは必要である。Figure 4 は XY プロッターに作図させた温度更正図の一例である。縦軸は求める主温度計の補正值、横軸は主温度計の値、図中に描かれた折れ線の集りは 0 度から 30 度までの副温度計の値である。

(2) 深度決定図

読み取り水温を補正して被圧深度を求めるプログラムで求められる被圧深度は、数メートルの誤差はまぬがれない。その原因は被圧、防圧両温度計の温度差から水圧を求める場合の精度不足であって、そのための誤差はランダムに分散すると考えられている。一方くり出されたワイヤーの長さは、観測中の船の偏位によって水深を示さないが、ワイヤは水中でなめらかに湾曲しているとして扱うことができる。従ってワイヤーの長さ L と水深の関係をワイヤ長 L と、ワイヤ長と水深の差 $L-D$ の関係で見れば、それはほぼ直線的ななめらかな曲線で結ばれるような関係になるはずである。そこで $L-D$ の値として、 D に被圧深度を用いれば、その関係はグラフに描くことができる。しかし、前述したように被圧深度 D は十分な精度を持っていないから、このグラフに示された点列は一本の曲線上に並ばない。そこでこの点列をなめらかな曲線にのせるために、 L と $L-D$ の関係を(4)式で示すような多項式によって平滑化する方法をとり、この多項式の係数を最小自乗法で求めた。

$$L = a_0 + a_1(L-D) + a_2(L-D)^2 + a_3(L-D)^3 + \dots + a_N(L-D)^N \quad (4)$$

ここで多項式の最高次数 N は、グラフに示された点列の並び方によって適当に選び分ける必要があるが、 N が 5 より大きくなるような場合は、上層と下層 (1,000 m 付近を境にとると良い) に分けて扱う。Figure 5 には観測された点より N を 5 として多項式による平滑化を行った曲線を描いてある（なお、この計算と作図には NEAC 2200/500 とそれに付属する X-Y プロッターを用いたが、HITAC-10II による計算及び作図は主記憶容量の増強によって可能である。

5. おわりに

コンピューターを用いた各層水温データ処理について説明してきたが、深度を求める場合、X-Y プロッターを使い被圧深度を平滑化して深度を補正することによって、補正值の個人誤差を除くことができるとともに、デ

ータ処理の自動化へ移行できる見通しが得られた。また最近の観測機器にも DBT (デジタル BT) のようにマイクロコンピューターを使ったデータ収集のデジタル化が進んでいる現在、観測機器をマイクロコンピューターで制御し出力データをデジタル化して、これをコンピューターで処理するシステムができれば、単純な手作業による処理はほとんどなくなり、データ処理の合理化が進む。このようなデータ処理自動処理システムを観測船にとう載して、すべてのデータを船上で即時処理する観測方式の開発を進めなければならない。

参 考 文 献

日本海洋学会編：海洋観測指針，1970

上原進・松本孝治，1969：魚，5号，p.72—80

```

3 ←----- Station number
10 ←----- Wire length
16604 2542 248 ←----- Thermometer number
17555 2541 248 ←----- Auxiliary thermometer reading
                    ↑----- Main thermometer reading

20

12573 2549 246
12676 2544 246

100
8982 2560 258 ←----- Protected.
8731 2540 260 ←----- Protected.
22860 2622 212 ←----- Unprotected.

1500
3431 340 211
3680 345 212
22960 1463 212

9999 ←----- The station end

```

Figure 1a Input data form of serial observation

```

----- Number of thermometers
120 r - V0 r - 1/θ ----- K
10174 120 6100 0 ----- Date of cariblation -----
-10 -9 -11 -6 -7 -9 -10 | -1 -1 -1 -1 0 -1 -1 | 5005
----- Thermometer number ----- Auxiliary thermometer index correction
                    ↑----- Main thermometer index correction

1430 93 6100 0
-1 0 -6 -3 -6 -17 -8 0 0 -1 0 0 -1 -1 5102

1598 89 6300 0
-10 -10 -9 -10 -11 -10 -12 0 -1 -2 -1 -1 -1 -1 5005

```

Figure 1b Input data form of reversing thermometer constants

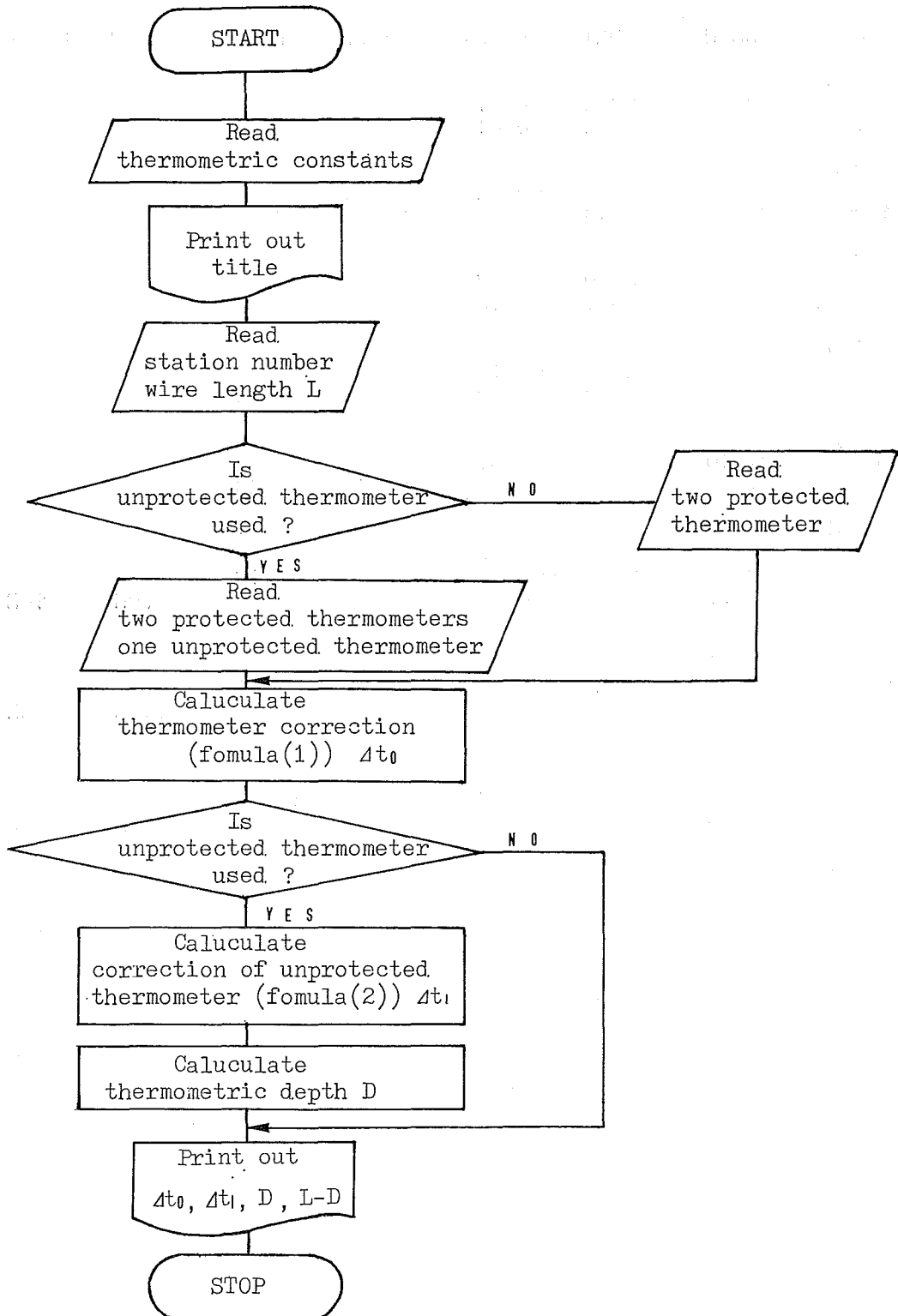


Figure 2 The flow chart of program 1

ST. NO.	5 - 1							
NO.	MAIN.	AUXI.	CORR.	TEMP.	MEAN.	DEPTH	L - D	
10 M								
17552	23.31	23.2	-0.01	23.30				
29671	23.29	23.2	0.01	23.30	23.30			
20 M								
5766	23.33	23.1	-0.02	23.31				
4690	23.36	23.3	-0.03	23.33	23.32			
30 M								
1632	23.33	23.0	-0.07	23.26				
1946	23.38	23.1	-0.13	23.25	23.26			
50 M								
3828	22.94	23.3	-0.11	22.83				
4036	22.93	23.2	-0.09	22.84	22.84			
75 M								
2021	21.40	22.9	0.01	21.41				
3431	21.60	23.0	-0.16	21.44	21.43			
100 M								
4682	20.27	23.1	-0.10	20.17				
3924	20.33	22.7	-0.15	20.18	20.18			
10206	21.17	22.8	-0.19	20.97		90M	10M	
125 M								
7446	19.74	23.0	-0.14	19.60				
4681	19.72	23.2	-0.11	19.61	19.61			
2770	20.82	22.8	-0.08	20.74		117M	8M	
150 M								
6861	19.45	22.9	-0.06	19.39				
6863	19.44	23.2	-0.07	19.37	19.38			
29932	20.88	22.8	-0.11	20.77		137M	13M	
200 M								
8350	18.80	23.0	-0.19	18.61				
7503	18.76	22.7	-0.18	18.58	18.60			
2944	20.58	23.0	-0.14	20.44		182M	18M	
250 M								
9360	17.34	22.9	-0.24	17.10				
9378	17.33	23.3	-0.24	17.09	17.10			
15506	19.63	23.1	-0.22	19.41		219M	31M	

Figure 3 An example of print out by the program 1

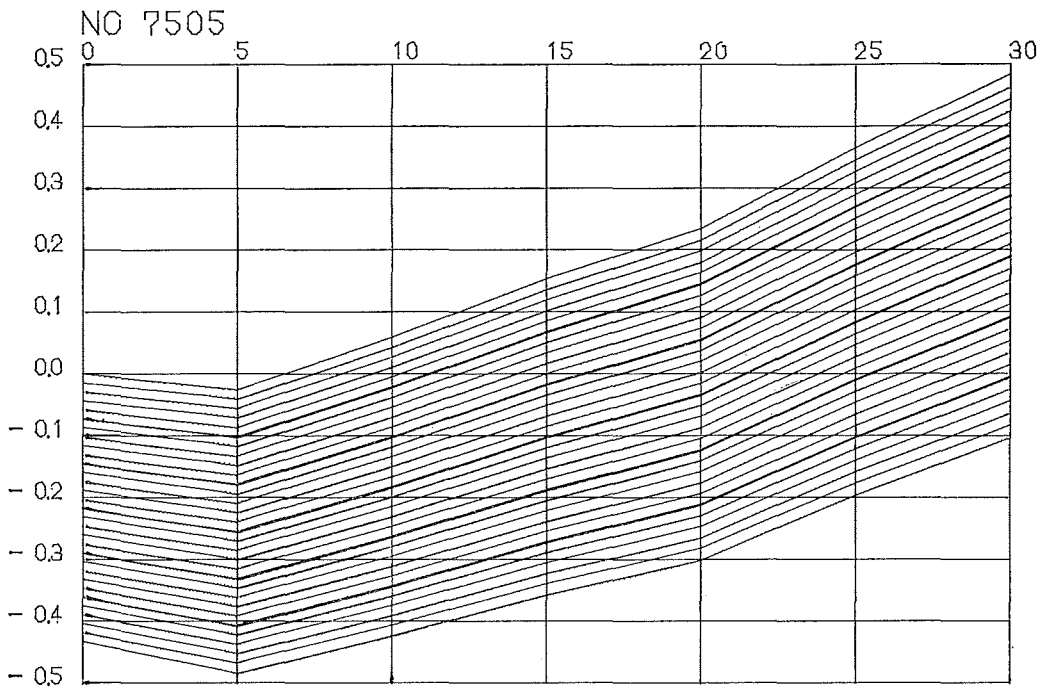


Figure 4 An example of total correction diagram

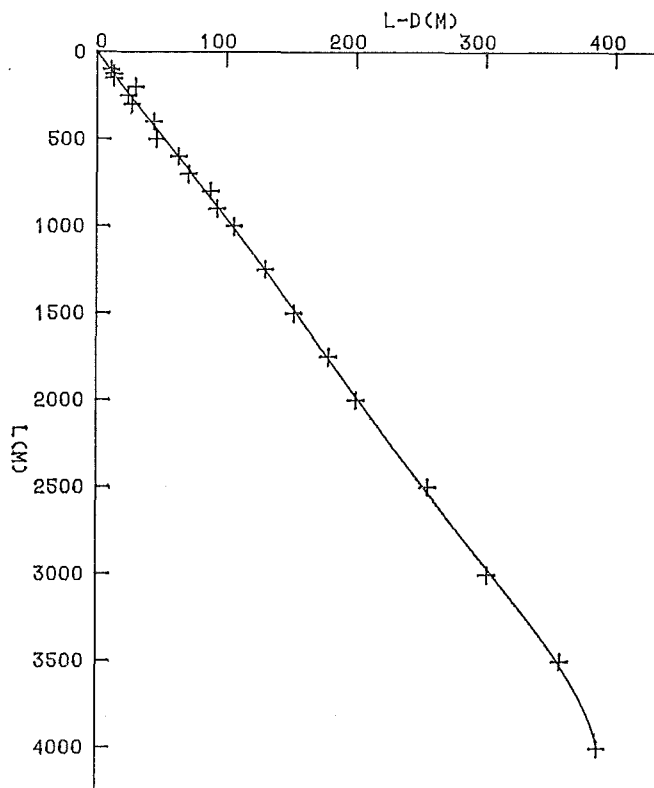


Figure 5 L vs $L-D$ plot