

推定速度補正追尾方式とそれによる物理量の測定†

小野房吉*

RATE ESTIMATION BY CORRECTIVE TRACKING METHOD AND DETERMINATION OF PHYSICAL QUANTITIES BASED ON THIS PRINCIPLE†

Fusakichi Ono*

Abstract

This paper will describe a measuring system operating on the principle of the captioned method of rate estimation, whereby estimated values of the quantities of data being continuously collected on a chronological basis are caused to track, in real time, the average values of measurement obtained on the same data. The discussions will also cover examples of actual measurements made by using this measuring system.

The principle of tracking used for closing the difference between estimated and averaged measured values consists in a process in which, as a first step, an estimated value is compared with the measured value corresponding to it. If there is variance between them which is greater than a prescribed magnitude, the two values are regarded as equal to each other; thus, estimated value = measured value. In the following step, the next measured value is deducted by the estimated value obtained in the first step; and the difference that results is multiplied by a correction factor assigned with a value considered appropriate for approximation purposes. This product of multiplication is then added to prior estimated value to correct it for the variance. In the third and, further, in each of the steps that follows, the same process of calculation is made to obtain a series of such corrections while the estimated value will close on the average measured value corresponding to it, each successive step producing an effect of correction achieved by tracking. As soon as a state of constancy is attained, an estimated value can be regarded and used as a measured value corresponding to it. This method has a feature in that the precision of measurement can be enhanced to the extent to which the correction factor used is made smaller.

When targeted quantity of measurement is shifting over time, the tracking can become infeasible if the correction factor used is too small in value to be able to negotiate the rate of change encountered. In such a case, the rate of change in the quantity of measurement need first be estimated by making estimated rates of change track the averaged difference between two values obtained from two consecutive measurements and, then, by adding the estimated rate of change thus obtained to the estimated value in question, prior to it. Provided this procedure of correction is observed, an estimated

† Received 30th November 1989

* 海洋研究室 Marine Research Laboratory

value can reasonably track a shifting quantity of measurement even in the case where a shifting quantity of measurement even in the case where a small-in-value correction factor is used.

In the case of data that associate with pronounced pulsated noises occurring infrequently, a tracking system not susceptible to such changes in noise level can be structured if and when estimated values are corrected by using a factor standardized to a unit constant, with the difference between measured and estimated value noted only for the sign that results.

This procedure was tried in various simulations, using old data of measurement from the Loran-C, Acoustic Log, Terrestrial magnetism and Infrared Emission Temperature Gage. The finding, in each case, was that the accuracy of measurement was higher by a factor of 10 to 100.

1. まえがき

最近では、物理量の測定データは電子計算機で処理する利便を考慮してデジタルデータとして集録されることが普通となっている。しかも時間分解能を上げるためにサンプリング間隔を細かくとる結果、膨大なデータが蓄積される。こうしたデータの解析で高分解能を要求するとき必ず問題となるのが誤差による取得データのバラツキである。時系列で連続的に大量に取得される測定データに誤差によるバラツキがある場合、個々のデータは真値とは掛離れており、そのままの利用は不都合であるから、従来何等かのデータ処理を行って精度を上げる工夫がなされた。一般的データ処理手法は移動平均であった。

しかし、移動平均は低頻度でしばしば混入する強大なパルス性雑音による系統誤差の発生、原理的に処理結果の時間的対応が最終データ時刻に対応しない等の問題のためオンライン測定には適当ではなかった。この問題を解消するため表題の方式を考案し、実データに適用してみた。

この提案の方式は、適当に与えるその物理量の推定値と測定値を比較し、結果の正負によって推定値を逐次加減補正する。補正定数は、データの性質によって微小定数又は比較結果に微小定数を乗じたものである。補正定数の大小によって測定最小分解能が選択できる。測定物理量が変化するとき、補正定数が小さい場合は追尾性能不足が問題となるが、平均変化速度を追尾補正係数に付加することでいくらかでも追尾性能を上げることができ、変化する物理量の測定も可能である。

従来、雑音を含む大量データの処理手法については、種々の方法が提案され実行されてきたが、筆者のテスト結果によればこの提案の方法は、最も簡単でもっとも良好な結果を示した。以下、原理と種々のデータの適用例について報告する。

2. 原 理

2.1 測定量の時間的変化が無い、極めて緩慢の場合

連続的に得られるデジタルデータの一次測定値列を a_1, a_2, a_3, \dots とする。これに対し推定値列を b_1, b_2, b_3, \dots とし、最初の推定値 b_1 を最初の測定値 a_1 と等しくとる。すなわち、 $c = \text{const}$ としたとき

$$b_1 = a_1 \quad |a_1 - b_1| > c \quad (1)$$

次の測定値 a_2 で以下のように b_1 を修正し b_2 を得る

$$b_2 = b_1 + (a_2 - b_1) \cdot d \quad (2)$$

以下順次

$$b_3 = b_2 + (a_3 - b_2) \cdot d \quad (3)$$

.....

ここで d は微小定数

このように、測定値毎に推定値 b の修正を繰返すと d が適当な値のとき、定常状態で示す b の値は測定量 a のほぼ平均の最確値を示す。以上がこの方法の原理である。

測定値列の中に強大なパルス性雑音が予測される場合は、括弧内の値をそのまま用いず符号のみを参照し、定数補正することとすれば雑音パルスの高さによる乱れの生じない測定系が構成できる。すなわち、

$$b_2 = b_1 + \text{SGN}(a_2 - b_1) \cdot d \quad (2)$$

$$b_3 = b_2 + \text{SGN}(a_3 - b_2) \cdot d \quad (3')$$

こうすると括弧内の絶対値の大きさは関係なくなり、補正がすべて正か負の単位定数または零に標準化されて実行される。(ここで SGN は $(a_2 - a_1)$ 内を ± 1 に標準化することを意味する)

さて、以上の式では、測定量の真値の変化がないか、極めて緩慢の場合適用できるが、測定量が時間的に変化する場合は、定数 d がその変化速度より小さいとき b が測定値の変化に追尾できない。その場合は以下の方法で対処する。

2.2 測定量の変化がある場合

測定値の変化の平均速度 v を推定する方式。すなわち、

v_0 を直前の推定速度としたとき

$$v_1 = v_0 + (a_2 - a_1 - v_0) \cdot d \quad (5)$$

この式で v_1 は、定常状態で測定値 a の平均的な変化速度に追尾するから、この v_1 を(2)、(3)式に付加し、

$$b_2 = b_1 + v_1(a_2 - b_1) \cdot d \quad (6)$$

とすれば、変化する測定量の測定にも利用できる。

同様に速度が変化する場合、つまり測定量が加速度的に変化する場合にも、さらに加速度を推定することとすれば追尾可能な測定系を構成できる。

2.3 シミュレーション

パルス性雑音および平均的に一定の開きのある測定値 0_1 、 0_2 の差の最確値を従来の移動平均と本方式で求めた計算例を第1表に掲げた。 0_2 の欄にある3.5、0.7、2.6等がパルス性雑音である。 DB_1 は $(0_1 - 0_2)$ 、 DB_2 は 0_1 、 0_2 の差の移動平均値、 DB_3 が本方式による DB_1 の最確値。

これを見ると従来の移動平均では、パルス性雑音が入るとそれにより系統的な誤差が生じることが明らかであるが、本方式では殆どその影響を受けていないことが分かる。

Table 1. An example of the computation by pseudo data.

Symbol ;

 O_1, O_2 : Pseudo data. DB_1 : Difference between O_1 and O_2 . DB_2 : Running mean of the DB_1 . DB_3 : Difference between O_1 and O_2 in this method.

O_1	O_2	DB_1	DB_2	DB_3
12.8	10.8	2.0	.....	2.0
12.7	10.9	1.8	.....	1.9
12.6	10.5	2.1	.....	2.0
13.1	10.7	2.4	.....	2.1
12.1	10.5	1.7	1.7	2.0
13.1	11.1	2.0	1.7	2.0
13.7	11.6	2.1	1.8	2.1
12.3	11.1	1.2	1.6	2.0
12.0	11.7	0.3	2.5	1.9
13.5	11.6	1.9	2.4	1.9
13.5	11.2	2.3	2.4	2.0
12.5	12.0	0.5	2.4	1.9
13.8	3.5	10.3	2.5	2.0
12.3	11.3	1.0	2.7	1.9
13.2	11.1	2.1	2.7	2.0
13.7	11.5	2.2	2.8	2.1
12.7	10.5	2.2	3.0	2.2
13.6	11.4	2.2	3.3	2.2
12.4	11.2	1.2	3.5	2.1
13.5	10.0	3.5	3.3	2.2
13.3	10.7	2.6	3.3	2.3
13.1	0.7	12.4	3.3	2.4
13.8	10.9	2.9	3.3	2.5
12.6	11.7	0.9	3.4	2.4
12.6	10.7	1.9	3.2	2.3
12.9	11.0	1.9	3.0	2.2
13.6	10.9	2.7	2.9	2.3
13.6	11.6	2.0	2.7	2.2
12.8	11.6	1.2	2.8	2.1
12.3	11.1	1.2	2.9	2.0
13.5	2.6	10.9	3.0	2.1
13.2	11.9	1.3	3.0	2.0
12.8	10.5	2.3	3.1	2.1
13.2	11.0	2.2	.....	2.2
13.6	10.6	3.0	.....	2.3
13.1	10.3	2.8	.....	2.4
13.4	11.0	2.4	.....	2.4

3. ロランCデータの適用例

現在市販のロランC受信機の測定最小分解能は 0.1μ である。この分解能を一桁以上改善したい。そこで本方式を実測データに適用しシミュレーションを行ったのが第2表である。表中TDW, TDX, TDY, TDZは測定生データWav, Xav, Yav, Zavは本方式による処理結果, Wdop, Xdop, Ydop, Zdop本方式で処理した測定値の平均変化速度である。これを見ると明らかに分解能が10倍以上に向上していることが分かる。また短時間の測定データから速度, つまり受信点の移動に伴うドップラー周波数が従来のように, 長い時間々隔をとらなくても 11×10^{-10} 程度で分解できていることが分かる。

Table 2. An example of the arrival time and same difference value measured by Loran-C waves.

Symbol :

TDW, TDY, TDZ : Low data by W,X and Y Stations.

Wav, Xav, Yav : Averasing value by TDW, TDX and TDY in this method.

Wdop, Xdop, Ydop : Valiation value by TDW, TDX and TDY in this method.

日時	TDW	Wav	Wdop	TDX	Xav	Xdop	TDY	Yav	Ydop
87/09/0713:09:00	18366.4	6.44-0.036	38326.8	6.79	0.017	60520.4	0.28	0.092	
87/09/0713:09:03	18366.4	6.40-0.035	38326.8	6.81	0.017	60520.5	0.39	0.093	
87/09/0713:09:06	18366.3	6.36-0.036	38326.8	6.82	0.017	60520.6	0.50	0.093	
87/09/0713:09:09	18366.3	6.31-0.036	38326.8	6.83	0.016	60520.7	0.60	0.093	
87/09/0713:09:12	18366.3	6.27-0.038	38326.9	6.84	0.015	60520.8	0.71	0.094	
87/09/0713:09:15	18366.2	6.24-0.038	38326.8	6.86	0.015	60520.9	0.81	0.094	
87/09/0713:09:18	18366.1	6.19-0.037	38326.8	6.87	0.016	60521.0	0.92	0.095	
87/09/0713:09:21	18366.1	6.14-0.038	38326.8	6.86	0.014	60521.1	1.02	0.095	
87/09/0713:09:24	18366.1	6.09-0.040	38326.9	6.86	0.013	60521.2	1.13	0.096	
87/09/0713:09:27	18366.0	6.05-0.041	38326.9	6.88	0.011	60521.2	1.23	0.096	
87/09/0713:09:30	18366.0	6.00-0.040	38326.9	6.90	0.012	60521.3	1.32	0.096	
87/09/0713:09:33	18366.0	5.96-0.041	38326.9	6.91	0.013	60521.4	1.40	0.094	
87/09/0713:09:36	18366.0	5.93-0.041	38326.9	6.92	0.013	60521.5	1.49	0.093	
87/09/0713:09:39	18366.0	5.90-0.040	38326.9	6.93	0.013	60521.6	1.58	0.092	
87/09/0713:09:42	18365.9	5.89-0.038	38326.9	6.94	0.012	60521.7	1.67	0.092	
87/09/0713:09:45	18365.9	5.85-0.036	38327.0	6.94	0.012	60521.8	1.77	0.092	
87/09/0713:09:48	18365.9	5.82-0.036	38327.0	6.96	0.011	60521.9	1.86	0.092	
87/09/0713:09:51	18365.8	5.80-0.035	38327.0	6.98	0.012	60521.9	1.96	0.092	
87/09/0713:09:54	18365.8	5.77-0.034	38327.0	7.00	0.013	60522.0	2.04	0.093	
87/09/0713:09:57	18365.8	5.74-0.034	38327.0	7.01	0.014	60522.1	2.12	0.091	
87/09/0713:10:00	18365.7	5.71-0.034	38327.0	7.02	0.013	60522.2	2.21	0.090	
87/09/0713:10:03	18365.7	5.68-0.033	38327.0	7.03	0.013	60522.3	2.29	0.089	
87/09/0713:10:06	18365.7	5.65-0.034	38327.0	7.03	0.012	60522.4	2.38	0.089	
87/09/0713:10:09	18365.6	5.62-0.033	38327.0	7.04	0.012	60522.5	2.48	0.089	
87/09/0713:10:12	18365.5	5.58-0.032	38327.0	7.04	0.011	60522.6	2.57	0.090	
87/09/0713:10:15	18365.5	5.53-0.033	38327.0	7.04	0.010	60522.7	2.67	0.090	
87/09/0713:10:18	18365.4	5.49-0.036	38327.1	7.04	0.009	60522.8	2.76	0.091	
87/09/0713:10:21	18365.4	5.43-0.036	38327.1	7.06	0.008	60522.8	2.86	0.091	
87/09/0713:10:24	18365.4	5.39-0.038	38327.1	7.08	0.010	60522.9	2.94	0.092	
87/09/0713:10:27	18365.4	5.35-0.039	38327.1	7.10	0.011	60523.1	3.02	0.090	
87/09/0713:10:30	18365.3	5.32-0.038	38327.1	7.11	0.011	60523.2	3.12	0.089	
87/09/0713:10:33	18365.3	5.28-0.037	38327.1	7.12	0.011	60523.3	3.23	0.091	
87/09/0713:10:36	18365.3	5.25-0.038	38327.1	7.12	0.011	60523.4	3.34	0.093	
87/09/0713:10:39	18365.2	5.22-0.037	38327.1	7.13	0.011	60523.5	3.44	0.094	
87/09/0713:10:42	18365.2	5.18-0.036	38327.2	7.13	0.010	60523.5	3.55	0.095	
87/09/0713:10:45	18365.1	5.15-0.036	38327.1	7.16	0.010	60523.7	3.63	0.096	
87/09/0713:10:48	18365.1	5.10-0.036	38327.1	7.16	0.011	60523.8	3.73	0.094	
87/09/0713:10:51	18365.0	5.06-0.037	38327.1	7.15	0.010	60523.9	3.84	0.095	
87/09/0713:10:54	18365.0	5.01-0.037	38327.2	7.15	0.008	60524.0	3.95	0.097	
87/09/0713:10:57	18364.9	4.97-0.039	38327.2	7.17	0.007	60524.1	4.05	0.097	
87/09/0713:11:00	18364.8	4.92-0.039	38327.2	7.18	0.009	60524.1	4.16	0.098	
87/09/0713:11:03	18364.9	4.85-0.040	38327.2	7.20	0.010	60524.2	4.24	0.098	
87/09/0713:11:06	18364.8	4.82-0.043	38327.3	7.21	0.010	60524.3	4.33	0.096	
87/09/0713:11:09	18364.8	4.78-0.041	38327.3	7.23	0.010	60524.4	4.41	0.095	
87/09/0713:11:12	18364.8	4.74-0.041	38327.3	7.26	0.012	60524.5	4.50	0.094	
87/09/0713:11:15	18364.8	4.71-0.041	38327.3	7.28	0.013	60524.6	4.60	0.094	
87/09/0713:11:18	18364.8	4.69-0.039	38327.3	7.30	0.014	60524.7	4.69	0.094	
87/09/0713:11:21	18364.7	4.68-0.037	38327.3	7.31	0.014	60524.8	4.79	0.094	
87/09/0713:11:24	18364.7	4.64-0.035	38327.3	7.32	0.014	60524.9	4.88	0.094	
87/09/0713:11:27	18364.7	4.62-0.035	38327.4	7.33	0.013	60525.0	4.98	0.094	
87/09/0713:11:30	18364.6	4.60-0.034	38327.4	7.35	0.012	60525.1	5.08	0.095	
87/09/0713:11:33	18364.6	4.56-0.032	38327.4	7.37	0.014	60525.1	5.18	0.095	
87/09/0713:11:36	18364.6	4.54-0.033	38327.4	7.39	0.015	60525.2	5.26	0.095	
87/09/0713:11:39	18364.5	4.51-0.033	38327.4	7.41	0.015	60525.3	5.34	0.093	
87/09/0713:11:42	18364.5	4.48-0.032	38327.4	7.42	0.015	60525.4	5.42	0.092	
87/09/0713:11:45	18364.5	4.44-0.033	38327.4	7.43	0.014	60525.5	5.51	0.091	

4. 赤外線放射温度計データへの適用例

水路部では、海面温度を航空機上から赤外線放射温度計で測定し業務の能率化を図っている。この温度計の分解能は 0.1°C であるが、実際の測定値は種々の原因で誤差を生じ $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 程度のランダム変動がある。そこで、何等かの平滑化処理により精度を向上させる必要があり、従来はデータを一旦事務所に持帰りオフラインで処理して精度を確保していた。このため、機上でオンラインで処理することが業務能率の向上のため焦眉の急であった。このデータに本方式を適用しシミュレーションを行ってみたのが第1図である。海面の温度は特定の狭い海域では、大きな変化はないが汐目では数度の温度差があることがあり、この変化を高速で移動する航空機上で、遅滞なく追尾できることが処理プログラムの不可欠の要件である。結果を見ると平亘部のバラツキが殆どなくなり、しかもステップ状の温度変化点でも、変化によく追尾していることが分る。

従来の移動平均で精度を上げようとして平均時間を長くとると、変化点でのフィッティングが極端に悪くなり、実用的なオンライン処理方式は構成できなかった。

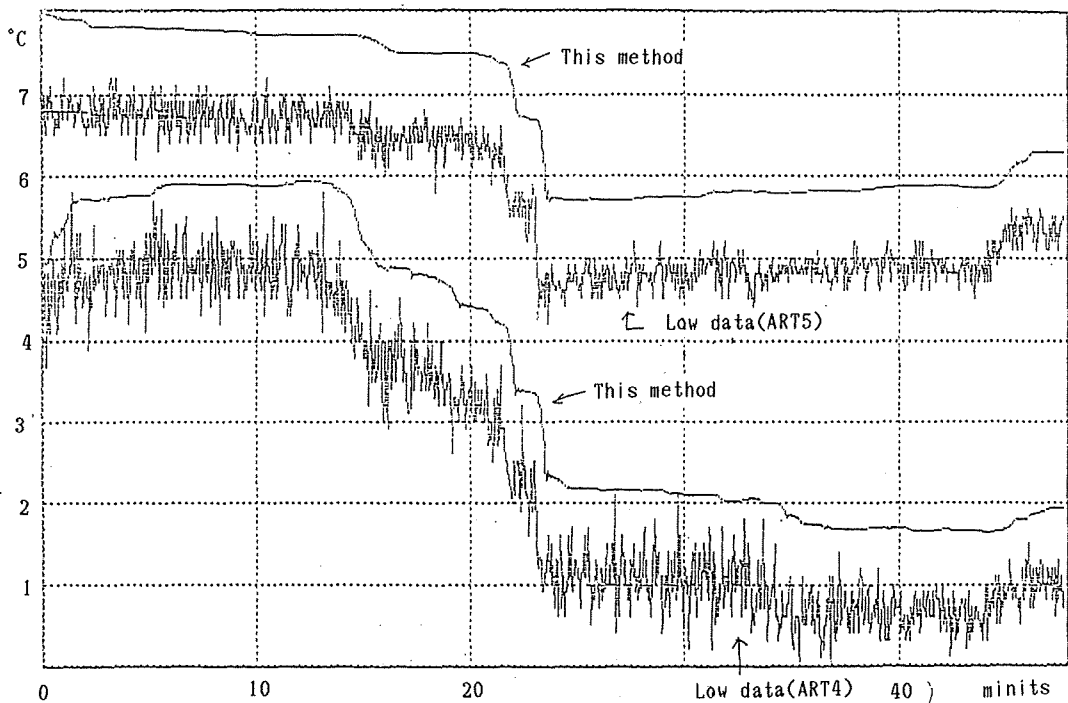


Figure 1. Application example of the temperature measured by the Infrared Thermometer

5. プロトン磁力計データへの適用例

第2図は和歌山県太地での地磁気測定データに適用した結果である。このデータは緩やかな日周変動をすることが特徴である。したがって、この他の変動成分があるとすればそれは大部分誤差と考えてよい。図の生データを見ると一方に偏した鋭い鋸歯状の変化と緩やかな変化が混じって見える。真値とは程違いパルス性ノイズの存在が明らかである。このデータを取得した観測者の報告では、この雑音時刻と遙か遠方を走るJR電車の通過が対応しているとのことであった。この様な人間の目が前後のデータから判断して明らかな誤

差が、従来の数値処理ではなかなか巧く処理できなかった。しきい値を設けゲート処理で明らかに誤差と分るパルス性ノイズを除くことが苦肉の策としてしばしば採用されたが、しきい値の選定が難しく不満を残す結果しか得られていない。本方式を適用すると特別なノイズ対策を講じる事なく、パルスのパワーを考慮しないためノイズが除去され日周変化が見事に再現されている。

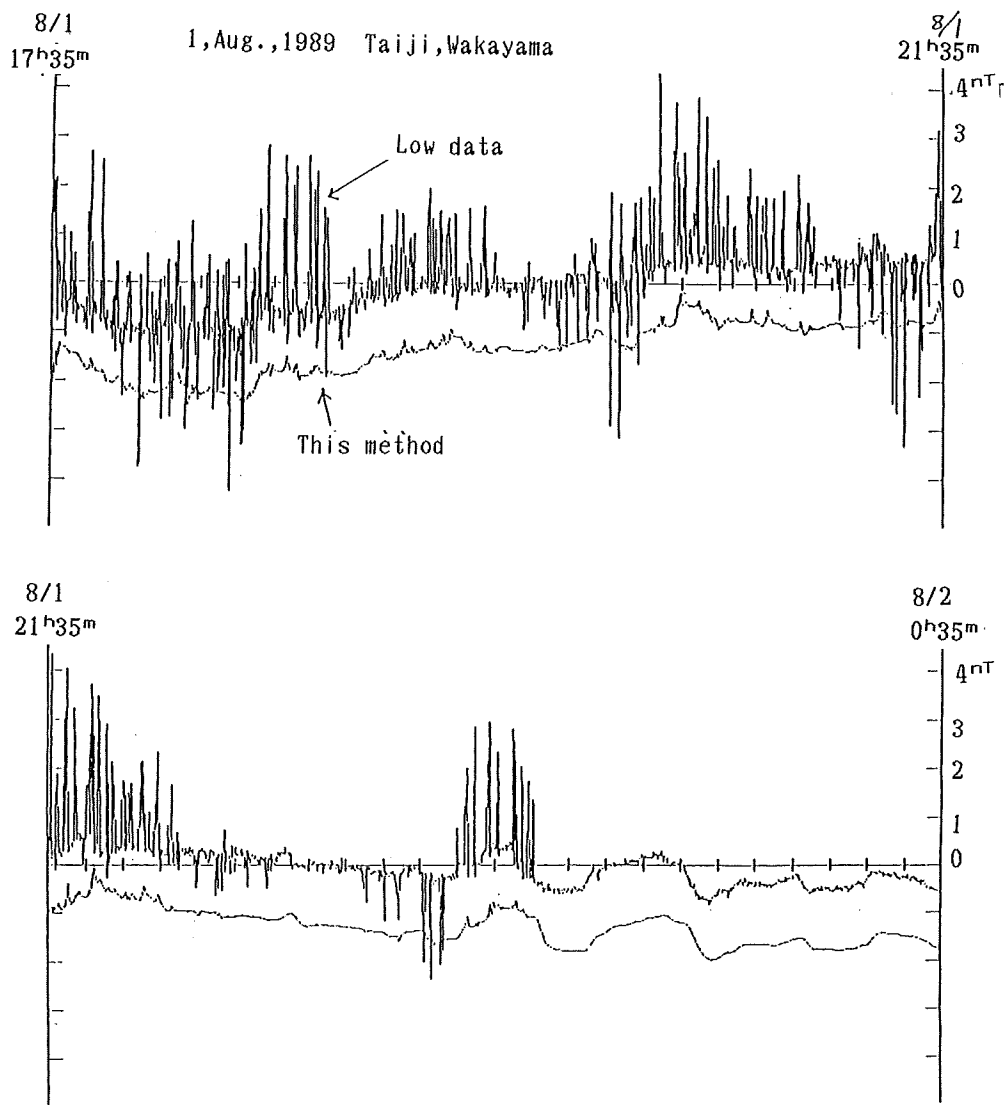


Figure 2. Application example of the magnetic field measured by the Proton Magnetometer.

6. ADCP (超音波流速計) データへの適用例

ADCPは音波ログによる対水速度と電波航法測位による対地速度の差として水の流れを測定する装置であるが、従来の装置ではそれぞれの速度の平均処理手法が必ずしも適切ではなく、船舶の動揺やコースの変更により精度の低下が生じていた。そこで本方式をデータ処理に適用すると、流れを算出する計算処理過程が

単純化されるとともにS/Nの向上が期待できる。

ジャイロコンパスにより測定される船首方位、音波ログによる対水速度、航法電波による対地速度、同じく航法電波による進行方向をそれぞれ Z_H , V_W , V_G , Z_G とするとそれぞれの測地座標に対する東西南北成分

V_{WN} , V_{WE} , V_{GN} , V_{GE} は

$$\left. \begin{aligned} V_{WN} &= V_W \cdot \cos Z_H \\ V_{WE} &= V_W \cdot \sin Z_H \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$\left. \begin{aligned} V_{GN} &= V_G \cdot \cos Z_G \\ V_{GE} &= V_G \cdot \sin Z_G \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

これから流れ成分 V_{CN} , V_{CE} は

$$\left. \begin{aligned} V_{CN} &= V_{GN} - V_{WN} \\ V_{CE} &= V_{GE} - V_{WE} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

流れの絶対値 V_C は

$$V_C = \sqrt{V_{CN}^2 + V_{CE}^2} \quad (10)$$

流れの方向 Z_C は

$$\theta = \cos^{-1} (V_{CN}/V_C) \quad (11)$$

$$Z_C = \theta \quad V_{CE} > 0$$

$$Z_C = 2\pi - \theta \quad V_{CE} < 0$$

で流れが求まるが、一般に測定される素データは相当にバラついていてそのままでは精度のよい流速測定が困難であるから、従来はそれぞれの素データを一旦メモリに蓄積し移動平均を行ったデータに対し以上の計算を実行した。この方法では無処理の素データから直接(8)式まで求め(9)式の段階で本方式を適用する。

すなわち、(9)式を書換えて

$$\left. \begin{aligned} \Delta_N &= V_{GN} - (V_{WN} + V_{CN}) \\ \Delta_E &= V_{GE} - (V_{WE} + V_{CE}) \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

とするとこれが"0"になるように V_{CN} , V_{CE} を決定しているが、このときの V_{CN} , V_{CE} として推定値を代入することとする。すなわち第1回目のデータについて

$$\Delta_{N1} = V_{GN1} - (V_{WN1} + V_{CN1})$$

$$\Delta_{E1} = V_{GE1} - (V_{WE1} + V_{CE1}) \quad (13)$$

を計算、この符号によって

$$V_{CN2} = V_{CN1} + (+1 \times \Delta_N) \quad \Delta_{N1} > 0$$

$$V_{CN2} = V_{CN1} + (0 \times \Delta_N) \quad \Delta_{N1} = 0 \quad (14)$$

$$V_{CN2} = V_{CN1} + (-1 \times \Delta_N) \quad \Delta_{N1} < 0$$

$$V_{CE2} = V_{CE1} + (+1 \times \Delta_E) \quad \Delta_{E1} > 0$$

$$V_{CE2} = V_{CE1} + (0 \times \Delta_E) \quad \Delta_{E1} = 0 \quad (15)$$

$$V_{CE2} = V_{CE1} + (-1 \times \Delta_E) \quad \Delta_{E1} < 0$$

と V_{CN} , V_{CE} を修正する。ここでは(14), (15)式はプログラム言語BASICの記法に従えば

$$V_{CN2} = V_{CN1} + \text{SGN}(\Delta_{N1}) \quad (14')$$

$$V_{CE2} = V_{CE1} + \text{SGN}(\Delta_{E1}) \quad (15')$$

の2行でよい。次に2回目のデータについて(13)~(15)式を繰返す。こうしてこの計算をデータ毎に細返すと

定常状態における V_{CN} , V_{CE} が流れの測地座標に対する速度成分となる。これから流れの絶対値は推定値の修正計算毎に次式で求めておく。

$$V_{Ci} = \sqrt{V_{Cni}^2 + V_{Cei}^2} \tag{16}$$

流れの方向 Z_{Ci} は

$$\theta = \cos^{-1} (V_{Cni}/V_{Ci})$$

$$Z_{Ci} = \theta \quad V_{Cei} > 0, \quad Z_{Ci} = 2\pi - \theta \quad V_{Cei} < 0$$

ここで ΔB が測定最小分解能より小さく設定されていれば、一定時間経過した以後の V_i , Z_i は流れの平均に限りなく近付くように追尾していく。なぜなら B が測定値の平均に近いとき(17)式の正負の現れる頻度がほぼ等しくなるからである。

このように、この方法では流れの高精度化処理が平均計算を実行しなくても得られる特徴があるが、測定量の変化速度が大きい場合には、 ΔB の大きさと測定素データのS/Nが追尾速度に関係するから注意する必要がある。しかし、海流測定の場合素データの測定間隔に対する海域の流れの変化は極めて緩やかと考えるとよわから殆んど問題とならない。実海域データへの適用例を第3図に示した。第4図は同時に並行実施した従来方式の測定結果である。コースの転回点や個々のデータのバラツキ具合から本方式による改善効果が明らかである。測定精度が従来より約1桁以上向上したものと判断している。

第5図は東シナ海における海流測定結果である。測定精度の向上により従来は不明確であった黄海・対馬暖流の源流の姿が初めて明かとなった。この観測と並行して従来方式による測定が実施されたが、集録データの品質は極めて悪く棄却せざるをえなかった。

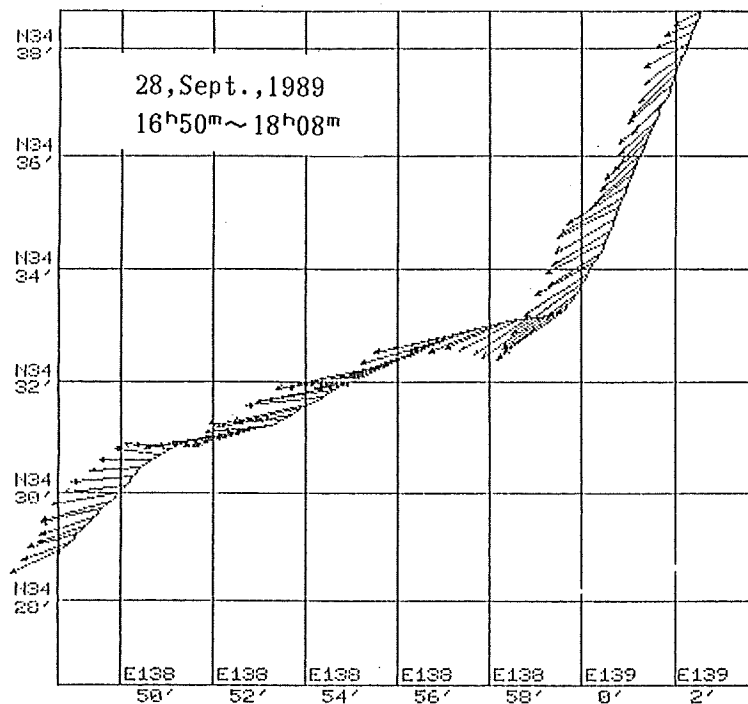


Figure 3. Application example of the surface current velocities measured by the New Doppler Log.

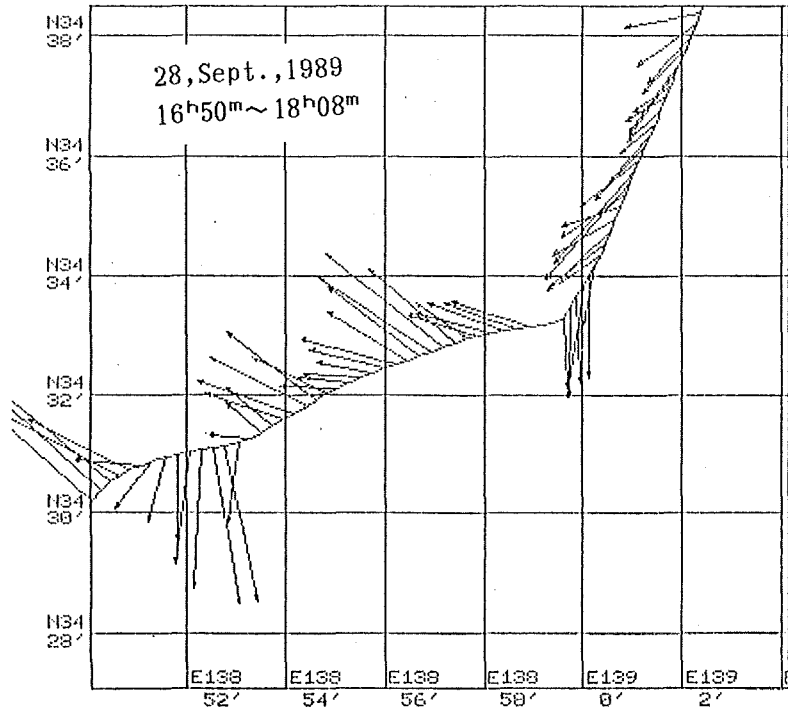


Figure 4. An example of the surface current velocities measured by old method.

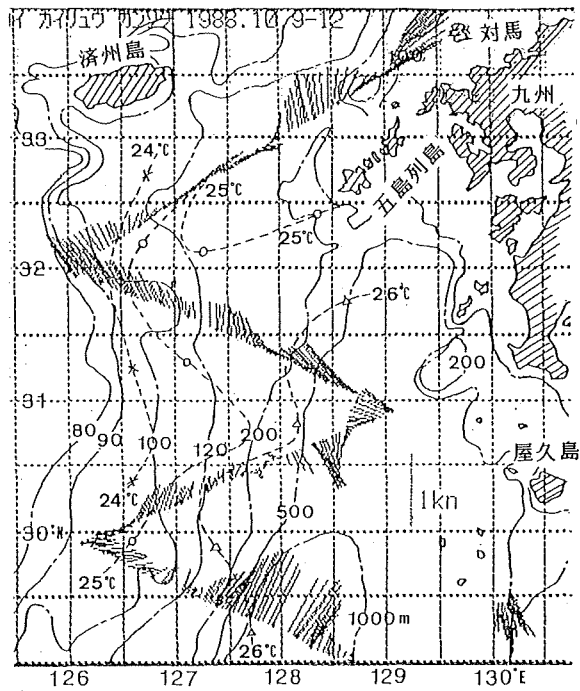


Figure 5. An example of the surface current velocities measured by East China sea. (Corrected by Tidal current)

7. あとがき

この方式は、常に最新データとその推定値を比較する方式のため、最新データ時刻と同時の実時間で結果が得られる。そのため測定結果を直ちに他の目的に使う、オンライン処理に最適と考える。データ取得に当り本方式で一次処理して集録すればその後の処理を殆んど必要としないため測定の省力化対策に有効である。演算が簡単のため高速処理も可能であり、その他の物理量の測定にも利用できる。海上重力測定に適用すればエトヴェス効果の高精度補正がオンラインで可能となる。また静止衛星の軌道測定、GPSの時間差測定に有効と考えている。(GPSの測定は、本質的にロランCの時間差測定と変わらない)

最後に、テストデータとしてプロトン磁力計データの提供を受けた小山薫航法測地調査官、ARTデータの使用を認めて頂いたARTの自動化研究グループの皆さんに感謝します。

参 考 文 献

小野房吉：微小定数積算追尾方式測定器，特願1-182729 明細書

小野房吉：微小定数積算追尾方式による海潮流の測定，海洋調査技術1，2，p.78-81 (1989.9.30)

菱田昌孝：小野房吉：東シナ海における海流測定結果について，第1回海洋調査技術学会講演要旨集p.10.
(1989, 11, 1)