

**REPORT**  
**OF**  
**HYDROGRAPHIC RESEARCHES**

No. 2, March, 1967

---

**T. S. S. G. (Tokyo Surface Ship Gravity Meter)**  
で得られる測定データの数値的処理方法について

徳 弘 敦

**ON THE DIGITAL DATA PROCESSING OF T. S. S. G.**

Atusi Tokuhiro

*Received December 7, 1966*

**Abstract**

In make use of the Tokyo Surface Ship Gravity Meter (T.S.S.G.) the recorded data are the period of the vibrating string affected by the frequency modulation according to the variation of the vertical acceleration of the moving vessel. As the inevitable consequence of the use of the digital procedure in the measurement device, given data are the sampled mean period over successive small time intervals. Therefore, data being suffered from the disturbing acceleration, there exist two main problems in the data processing; one is how to evaluate the shift of the value of the vertical acceleration arised from the non-linear relation between the vertical acceleration and the period in the sampled data, and the other is the digital filtering by running of the suitable weighted mean. In this paper these problems are treated as follows:

- 1) Sampled mean periods  $\hat{T}_i$  are converted into the vertical acceleration by the formula (5).
- 2) The integral term in the formula (5) can be evaluated by the polynomial approximation of the period, using the preceding and following data at the considering datum. The formulae (9) and (13) represent the results of the integral in the caces of polynomials of 2nd and 4th degree, respectively.
- 3) Digital filtering are carried out by the formula (19) with the weighting coefficients  $w_i$  (TABLE 1).

It is shown that the resultant values of gravity approximated by the 4th degree polynomial are still small, but the higher degree approximation would complicate the numerical data handling. In the practical data processing, the adoption of an emprical magnifying constant to the polynomial approximation is appropriate and sufficient.

## 1 まえがき

海上重力計 T.S.S.G. によって得られる測定データは、船の動揺によって生ずる成分も含めた垂直加速度により、発振周波数が変調され持続的に振動する弦の振動周期の連続記録である (Tomoda et al. 1961). 弦はジャイロスコープ、水平加速度計、およびトルクモーターから成る自立作用によって、常に垂直に保持されている。刻々の弦の周期は、デジタルな方法で計測されて、紙テープさん孔機によって8単位さん孔紙に記録されるようになっている。この記録を10分間続けて2分間休止する。これを船の行動中くり返して重力測定が実施される。10分間の測定データは約0.5秒の間隔で標本化された平均周波数の測定値を約1,200個含んでいる。垂直加速度の変動によって弦の周期もまた変化する。そこで測定データはこの周期を標本化した時系列の形をとる。この周期の標本化は垂直加速度を小さいほうに偏移させる働きを持っている。この偏移の評価が測定データを処理するうえでの第1の課題となる。船の動揺によるじょう乱加速度の除去をろ波演算で遂行することが第2の課題である。これらの数値的処理は電子計算機 HIPAC 103 によって実施される。以下この二つの課題を中心に具体例を用いて測定データの処理要領ならびに問題点を述べる。

## 2 弦の周期の標本化

### 1) 周期を標本化する測定要領

垂直加速度に感応する弦の発振周波数は、2 kc/s 前後になるよう作られている。この弦の発振周期を測定するために、100 kc/s の水晶標準発振器を用意する。この標準発振器から  $10\mu\text{s}$  間隔のクロックパルスが作り出される。一方、弦の発振も電気的にとり出されてパルスに形成される。T.S.S.G. の標準的な使用状態ではこのパルスは  $2^{10}$  (=1024) 個に1個の割合で間引かれる。こうして得られたパルス間の時間幅がカウンターを用いてクロックパルスによって数えられる。そしてその数は逐次さん孔紙の上へさん孔記録されてゆく。このようにして数えられた値は、1,024個の波の個数の平均によって測られる周期であり、これが標本化の内容である。変動する周期を時間について平均する場合と波の個数について平均する場合とは、その結果は同一でなく、ここでは波の個数で平均されたものを測定していることに注意しておく必要がある (瀬川爾朗氏の指摘による)。

### 2) 標本化のための測定手続きの Formulation

測定データを数値的に処理するために、弦の発振周期を標本化して測定する際にとられた手続きを式に表現しておく必要がある。

時間的に変化する垂直加速度  $g(t)$  とそれに応答する弦の振動周期  $T(t)$  とを結びつける式

$$g(t) = \frac{K}{\{T(t)\}^2} \quad (1)$$

は、我々の使用条件の下では十分成り立つ。K は弦に個有の定数である。

今一つの標本に着目すると

$$\tilde{g}_i(t) = \int_{t_i}^{t_i+\tau} \frac{K}{\{T(t)\}^2} dt / \int_{t_i}^{t_i+\tau} dt \quad (2)$$

は、 $(t_i, t_i+\tau)$  間において時間について平均された垂直加速度である。

一方、測定された周期の標本は、一定個数の波による平均であって  $t_i, \tau$  をそれぞれ  $n_i, N$  と対応させれば

$$\tilde{T}_i = \frac{1}{N} \int_{n_i}^{n_i+N} T(n) dn \quad (3)$$

が、その測定値である。ここで

$$T(n) dn = dt \quad (4)$$

が、周期と波の数と時間との関係式である。(2), (3), (4) 式から

$$\begin{aligned} \tilde{g}_i(t) &= \int_{n_i}^{n_i+N} \frac{K}{T(n)} dn \bigg/ \int_{n_i}^{n_i+N} T(n) dn \\ &= \frac{K}{\tilde{T}_i^2} \left[ 1 + \frac{1}{\tilde{T}_i^2} \frac{1}{N} \int_{n_i}^{n_i+N} \{T(n) - \tilde{T}_i\}^2 dn \right] \end{aligned} \quad (5)$$

を得る。この式は前掲引用論文の p. 141 で与えられた式に対応する(瀬川爾朗氏の教示による)。

$T(n)$  が定数でない限り、(5) 式の右辺第 2 項の積分は正の値をとる。その値は、平均値  $\tilde{T}_i$  のまわりの分散に比例する性質を持っている。すなわちじょう乱加速度の振幅の 2 乗に比例して大きくなる性質のもので、これをじょう乱による二次補正と呼ぶことにする。

### 3 弦の周期の多項式による近似

個々の標本が持つ情報は、(3) 式で示されるような平均的な周期であって、その標本だけから  $T(n)$  を推定する手がかりはない。しかし着目する  $\tilde{T}_0$  の前後の  $\dots \tilde{T}_{-2}, \tilde{T}_{-1}, \tilde{T}_0, \tilde{T}_1, \tilde{T}_2, \dots$  から  $T(n)$  を多項式で近似することは可能である。ここで多項式の係数を決定するための条件は、通過すべき点の座標で与えられるのではなくて、それぞれの標本区間での面積積分が、そこでの標本値に一致するという条件を使う。

#### 1) 放物線による近似

$$T(n) = a_0 + a_1 n + a_2 n^2 \quad (6)$$

は次の条件を満足しなければならない。

$$\left. \begin{aligned} \int_{-\frac{1}{2}}^{-\frac{3}{2}} T(n) dn &= T_{-1} \dots\dots\dots a_0 - a_1 + \frac{26}{24} a_2 = T_{-1} \\ \int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}} T(n) dn &= T_0 \dots\dots\dots a_0 + \frac{1}{12} a_2 = T_0 \\ \int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{3}{2}} T(n) dn &= T_1 \dots\dots\dots a_0 + a_1 + \frac{26}{24} a_2 = T_1 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

(6), (7) 式より次式を得る。

$$T(n) = T_0 - \frac{A'}{2} + \frac{A}{2} n + \frac{12A'}{21} n^2 \quad (8)$$

ただし  $A = T_1 - T_{-1}$

$$A' = T_1 + T_{-1} - 2T_0$$

この(8)式を用いると、(5) 式の右辺第 2 項で表わされるじょう乱による二次補正は

$$\frac{K}{\tilde{T}_0^4} \int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}} \{T(n) - T_0\}^2 dn = \frac{K}{\tilde{T}_0^4} \left( \frac{d^2}{48} + \frac{d'^2}{551} \right) \quad (9)$$

となる。

## 2) 四次式による近似

$$T(n) = a_0 + a_1 n + a_2 n^2 + a_3 n^3 + a_4 n^4 \quad (10)$$

は次の条件を満足しなければならぬ。

$$\left. \begin{aligned} \int_{-\frac{5}{2}}^{-\frac{3}{2}} T(n) dn &= T_{-2} \dots\dots\dots a_0 - 4a_1 + \frac{49}{3}a_2 - 68a_3 + \frac{2882}{10}a_4 = T_{-2} \\ \int_{-\frac{3}{2}}^{-\frac{1}{2}} T(n) dn &= T_{-1} \dots\dots\dots a_0 - 2a_1 + \frac{13}{3}a_2 - 10a_3 + \frac{242}{10}a_4 = T_{-1} \\ \int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}} T(n) dn &= T_0 \dots\dots\dots a_0 + \frac{1}{3}a_2 + \frac{1}{5}a_4 = T_0 \\ \int_{\frac{1}{2}}^{\frac{3}{2}} T(n) dn &= T_1 \dots\dots\dots a_0 + 2a_1 + \frac{13}{3}a_2 + 10a_3 + \frac{242}{10}a_4 = T_1 \\ \int_{\frac{3}{2}}^{\frac{5}{2}} T(n) dn &= T_2 \dots\dots\dots a_0 + 4a_1 + \frac{49}{3}a_2 + 68a_3 + \frac{2882}{10}a_4 = T_2 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

(10), (11) 式より次式を得る。

$$\begin{aligned} T(n) = T_0 - \frac{116d_1' - 9d_2'}{1920} + \frac{272d_1 - 40d_2}{768} n + \frac{12d_1' - d_2'}{64} n^2 \\ + \frac{d_2 - 2d_1}{96} n^3 + \frac{d_2' - 4d_1'}{384} n^4 \end{aligned} \quad (12)$$

ただし  $d_1 = T_1 - T_{-1}$ ,  $d_2 = T_2 - T_{-2}$

$$d_1' = T_1 + T_{-1} - 2T_0, \quad d_2' = T_2 + T_{-2} - 2T_0$$

この (12) 式を用いると, (5) 式の右辺第 2 項で表わされるじょう乱による二次補正は

$$\begin{aligned} \frac{K}{\tilde{T}_0^4} \int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}} \{T(n) - T_0\}^2 dn \\ = +.040397652 d_1^2 + .000811219 d_2^2 - .011404596 d_1 d_2 \\ + .002835097 d_1'^2 + .000015983 d_2'^2 - .000425485 d_1' d_2' \end{aligned} \quad (13)$$

であらわされる。

## 4 ろ波演算

個々の標本化された周期  $\tilde{T}_i$  は, (5) 式によって垂直加速度  $\tilde{g}_i(t)$  に変換される。こうして得られる  $\tilde{g}_i$  は時間幅  $\tilde{T}_i$  における時間について平均された垂直加速度である。海上における重力測定に際しては, じょう乱加速度の振幅は測量船「拓洋」の場合で 10~100 gal, 時にはそれ以上におよぶ。またじょう乱の卓越する周期は約 4 秒である。測定データからこのようなじょう乱成分を除いて, 海上における重力の値を 10 mgal の精度で得るためには, 少なくともじょう乱成分を  $10^{-5}$  に減衰させるようなろ波演算が必要となる。

相続く  $N$  個の  $\tilde{g}_i$  の時間についての平均は

$$\frac{\sum_{i=1}^N \tilde{g}_i \tilde{T}_i}{\sum \tilde{T}_i} \quad (14)$$

である。(14) 式による移動平均は High-Cut のろ波効果を持つ。その解析の見通しはフーリエ変換における Convolution の定理から得られる。すなわち  $w(t)$  を  $g(t)$  にほどこす荷重函数とすると

$$\bar{g}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} g(\tau) w(t-\tau) d\tau \quad (15)$$

$$\text{ただし} \quad \int_{-\infty}^{\infty} w(\tau) d\tau = 1$$

は、一般化された移動平均であって、これは  $g(t)$  と  $w(t)$  の convolution にほかならない。

$g(t)$ ,  $w(t)$ ,  $\bar{g}(t)$  のフーリエ変換をそれぞれ

$$\left. \begin{aligned} G(w) &= \int_{-\infty}^{\infty} g(t) \exp(-iwt) dt \\ W(w) &= \int_{-\infty}^{\infty} w(t) \exp(-iwt) dt \\ \bar{G}(w) &= \int_{-\infty}^{\infty} \bar{g}(t) \exp(-iwt) dt \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

とすると、 $G(w)$  等は  $g(t)$  等の周波数スペクトルであり周波数座標で

$$\bar{G}(w) = G(w) W(w) \quad (17)$$

が成り立つ。この (17) 式によって、 $W(w)$  が (15) 式によるろ波演算の周波数特性をあらわしていることが示される。(14) 式による移動平均のろ波効果は、 $N_1$  の値から定まる時間幅 ( $-T_1$ ,  $+T_1$ ) の間において定数値をとり、その外側では零であるような荷重函数のフーリエ変換から推定できる。したがってこの場合の周波数特性は、

$$W_1(w) = \frac{\sin wT_1}{wT_1} \quad (18)$$

である。 $W_1(w)$  で必要な周波数特性が得られない場合には、移動平均の結果に移動平均を行なうという操作のくり返しによって、その総合的な周波数特性は、個々の移動平均の周波数スペクトルの積の形で効果をあらわすことを利用する。

標準的な重力データ処理プログラムで採用しているろ波演算は、その個数が  $N_1=100$ ,  $N_2=150$ ,  $N_3=200$  の3回の移動平均をくり返した場合と等価な荷重係数  $w_i$  を用いて

$$\text{GRAVITY} = K \frac{\sum_{i=1}^{450} \tilde{g}_i \tilde{T}_i w_i}{\sum_{i=1}^{450} \tilde{T}_i w_i} \quad (19)$$

によって計算する。この場合のろ波演算の周波数特性は

$$W(w) = \frac{\sin wT_1}{wT_1} \cdot \frac{\sin wT_2}{wT_2} \cdot \frac{\sin wT_3}{wT_3} \quad (20)$$

において  $T_1=26$ 秒,  $T_2=38$ 秒,  $T_3=52$ 秒とおいたものに近い。これによって周波数4秒付近で卓越したじょう乱成分は、 $3/10^6$  程度に減衰する、TABLE 1 に (19) 式で用いる  $w_i (i=1, \dots, 450)$  を示す。

## 5 測定データによる考察

海上で測定されたデータの一例を TABLE 2 に掲げる。さん孔紙には2進数で記録されるが、TABLE 2 は10進数で示した。これらの数値  $\hat{T}_i$  は、たとえば 57270 は弦が 1,024 (=2<sup>10</sup>) 回振動するのに要した時間が 57270×10 $\mu$ sec (= .57270 sec) であったことを示す。次々と1,024回の振動に要した時間がカウンターで数えられて紙テープさん孔機に送り出される。この値を(1)式によって垂直加速度  $g_i$  に変換したものを Fig. 1 に示す。厳密には(5)式を用いる必要があるし、各点の間隔も一定ではないが、いずれも図にあらわれない程少ない違いである。図から周期 4.0~4.5 秒で卓越したじょう乱が見られ、その振幅はしばしば 150 gal を越えている。これはかなり激しい船の動揺において測定された例である。またこのじょう乱加速度の一周期の中の標本の数は約8個の割合であることが見られる。この測定には測量船「拓洋」(排水量 870t) が用いられた。

このデータを TABLE 1 の  $w_i$  を用い、(5)の第1項のみを用いてろ波した値

$$\text{GRAVITY}(0) = K \frac{\sum \frac{w_i}{\hat{T}_i}}{\sum \hat{T}_i w_i} \quad (21)$$

を Fig. 2 に示す。これはじょう乱による二次補正をあえて考慮しなかった場合のろ波結果であって、ここで見られる重力の変化は、10分間の測定中じょう乱加速度の大きさが一様でなかったことによるものである。じょう乱成分が一つの正弦波だけの場合の二次補正は計算で求める。もし 980 gal に振幅 100 gal のじょう乱が加わり、その一周期の中の標本の数を8個とするなら、じょう乱による二次補正は +64.2 mgal である。これ以外の振幅に対しては、振幅の比の2乗に比例する値をとる。実際のじょう乱加速度は簡単な波形ではない (Fig. 1)。そこで測定された  $\hat{T}_i$  から直接にじょう乱による二次補正を求める方法を捜さなければならない。次にそのためのいくつかの方法をあげる。

### 1) じょう乱による二次補正を分離して求める方法

$$\text{GRAVITY}(1) = G(0) + k \frac{\sum \left( \frac{1}{\hat{T}_i^2} - G(0) \right)^2 \hat{T}_i w_i}{\sum \hat{T}_i w_i} \quad (22)$$

$$\text{ただし } G(0) = \text{GRAVITY}(0) = \frac{K \sum \frac{w_i}{\hat{T}_i}}{\sum \hat{T}_i w_i}$$

$k$ : 二次補正係数 (ここに例示したデータについては +.021 を用いた)

この式による結果を Fig. 2 の GRAVITY (1) に示す。gravity (1) は右辺第2項のじょう乱による二次補正のみを示す。(21)式の右辺第2項はじょう乱成分の分散に対してろ波演算を行なったもので、平均的なじょう乱成分の Power を表わしている。じょう乱成分のスペクトルは船によって定まった型を持っているから、多くの測定データから統計的に定めた  $k$  を用いたこの式も実用的価値を持っている。ほとんどのデータはじょう乱による二次補正の量が 10~30 mgal 程度である。

### 2) おおのこの $\hat{T}_i$ にじょう乱による二次補正を考慮する方法

第2節での考察は、じょう乱による二次補正がろ波演算に先行すべきであるという考えを忠実に履行しようとする試みである。そのために各  $\hat{T}_i$  にともなうところのじょう乱による二次補正を多項式近似を用いて求めた。

それらの式をまとめると

#### (1) 放物線近似による方法 ((9) 式の場合)

$$\tilde{g}_i(2) = \frac{K}{\tilde{T}_i^2} \left[ 1 + \frac{1}{\tilde{T}_i^2} \left( \frac{d^2}{48} + \frac{d'^2}{551} \right) \right] \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \text{ただし } d &= \tilde{T}_{i+1} - \tilde{T}_{i-1} \\ d' &= \tilde{T}_{i+1} + \tilde{T}_{i-1} - 2\tilde{T}_i \end{aligned}$$

(2) 四次式近似による方法 ((13) 式の場合)

$$\begin{aligned} \tilde{g}_i(3) = \frac{K}{\tilde{T}_i^2} \{ & 1 + \frac{1}{\tilde{T}_i^2} (+.040397652 d_1^2 + .000811219 d_2^2 - .011404596 d_1 d_2 \\ & + .002835097 d_1'^2 + .000015983 d_2'^2 - .000425485 d_1' d_2') \} \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned} \text{ただし } d_1 &= \tilde{T}_{i+1} - \tilde{T}_{i-1}, & d_2 &= \tilde{T}_{i+2} - \tilde{T}_{i-2} \\ d_1' &= \tilde{T}_{i+1} + \tilde{T}_{i-1} - 2\tilde{T}_i, & d_2' &= \tilde{T}_{i+2} + \tilde{T}_{i-2} - 2\tilde{T}_i \end{aligned}$$

(3) 実験式

$$\tilde{g}_i(4) = \frac{K}{\tilde{T}_i^2} \left[ 1 + \frac{1}{16} \frac{1}{\tilde{T}_i^2} \left( \frac{d^2}{+} + \frac{d^2}{-} \right) \right] \quad (25)$$

$$\begin{aligned} \text{ただし } d &= \tilde{T}_{i+1} - \tilde{T}_i \\ d &= \tilde{T}_i - \tilde{T}_{i-1} \end{aligned}$$

これらの  $\tilde{g}_i(j)$  を用いて、ろ波演算を

$$\text{GRAVITY}(j) = K \frac{\sum \tilde{g}_i(j) \tilde{T}_i \cdot w_i}{\sum \tilde{T}_i w_i} \quad (26)$$

によって行なう。これらの結果を Fig.2 に示す。

以上の結果の妥当性を評定するために比較されるべき、正しい重力の値は未知である。それにもかかわらず、じょう乱による二次補正を評価する手がかりになるものは、一つには(2)で示した多項式による近似の次数を高めて計算だけの力で正しい値に近付く方法であり、今一つは10分間の測定中の重力の変化がほとんど無視できるデータについて、その中でじょう乱成分の大きさの違いを利用する方法である。Fig.2においてじょう乱による二次補正を含まない GRAVITY(0)と、色々な方法によるじょう乱による二次補正量との相関は極めて明瞭である。1)の方法は多くのデータにおけるこの相関を利用して  $k$  を定めるという立場である。一方2)の放物線による場合も、四次式による場合も、じょう乱による二次補正はみかけ上の重力変化が GRAVITY(0)と同じ傾向を残しているという点で補正不足である。更に次数を高めて二次補正の精度を高めることはいたずらに計算をはんざつにする。それよりも、これらの結果においてじょう乱による二次補正が、いずれの方法によっても定数比の関係でよく一致していることは、1)における  $k$  のような作業定数を2)においても採用することが可能であることを示す。T.S.S.G.において本来機械定数は  $K$  一つであるべきだが、じょう乱成分の power と二次補正を比例関係で結び付ける定数を用いることは、データ処理上の実用的価値が高い。2)の(3)で示す実験式の解析的根拠は不明であるが簡単な算式で妥当な値を示す。2)は先にも述べたようにじょう乱による二次補正をろ波演算に先行させるという考えから出発し、周期変化を多項式で近似させることはじょう乱による二次補正の目的には尚補正不足であり、(1),(2),(3)の何れの式を用いるにせよ、その補正不足を作業定数の採用で済ませることが現段階の電子計算機のデータ処理能力を考えあわせて実用的であるという見通しを得た。

## 6 あとがき

じょう乱による二次補正の問題は、依然として課題である。海上において比較すべき確かな重力の値が、この

問題を解明するためには不十分であるというのが、当面の問題をむずかしくしている大きい理由である。洋上での重力測定に際し、ここで例示した様な大きいじょう乱加速度はきわめてまれであって、ほとんどの場合じょう乱による二次補正の値は、10~30 mgal 程度のものである。T.S.S.G.が瞬間的には 200 gal にも達する大きいじょう乱加速度の下でも、重力の測定が可能であった具体例としてこれを選んだ。

この研究がようやくその緒についたのは、ひとえに東京大学海洋研究所友田好文博士ならびに瀬川爾朗氏からの格別の御指導と水路部における海上重力測定に対するご協力によるものである。水路部におけるこの仕事の発展のために、理解ある力添えを続けられた大脇研究室長、観測作業の実施ならびに膨大な計算処理のために援助をおしまれなかった進士編暦課長ならびに課員各位に心から感謝したい。

(海洋研究室)

#### 参 考 文 献

- Tomoda, Y. and Kanamori, H. 1961, "Tokyo Surface Ship Gravity Meter  $\alpha-1$ "  
*Journal of the Geodetic Society of Japan*, 7, No. 4, 116.



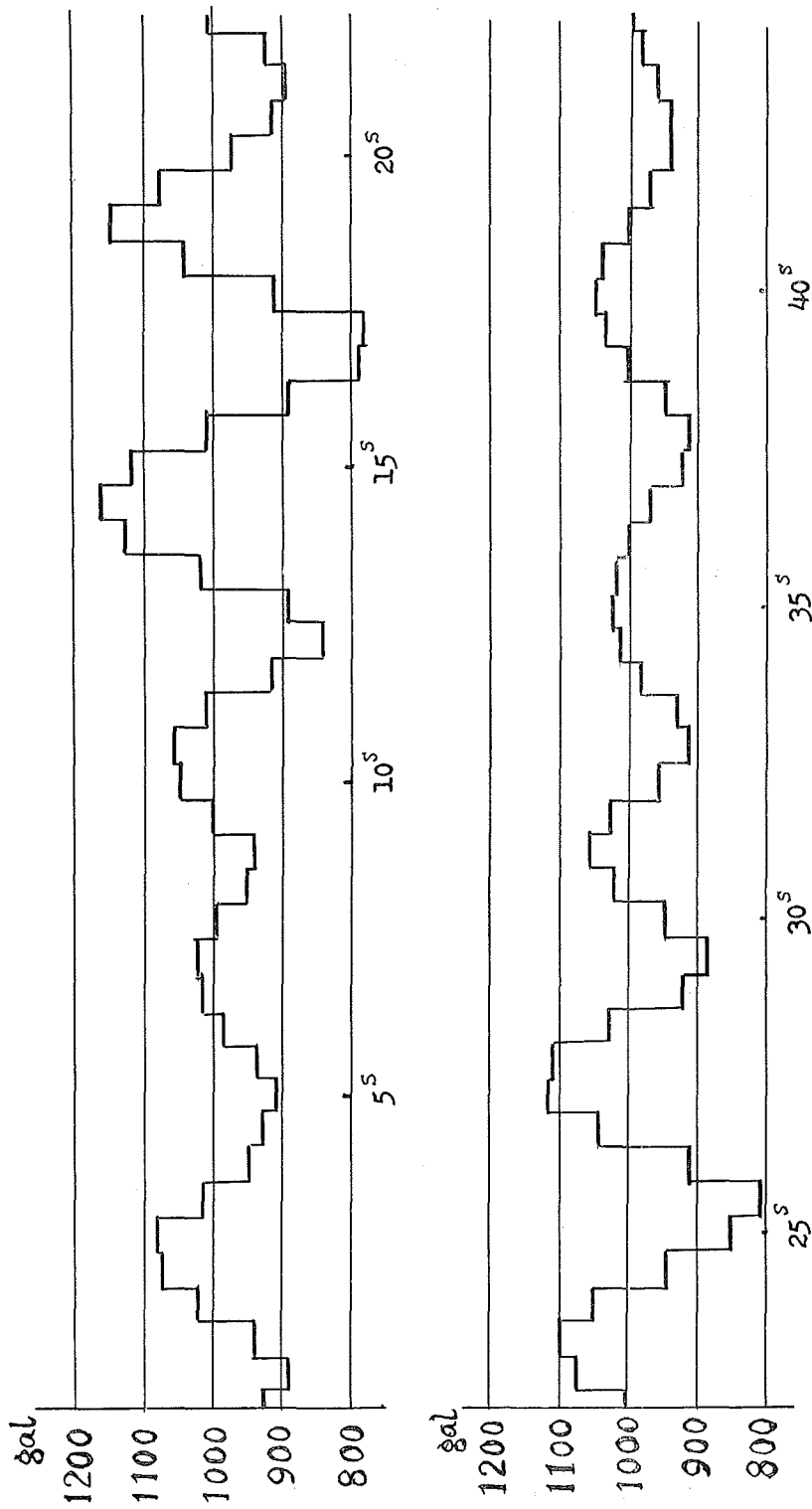


Fig. 1. An example of the vertical acceleration

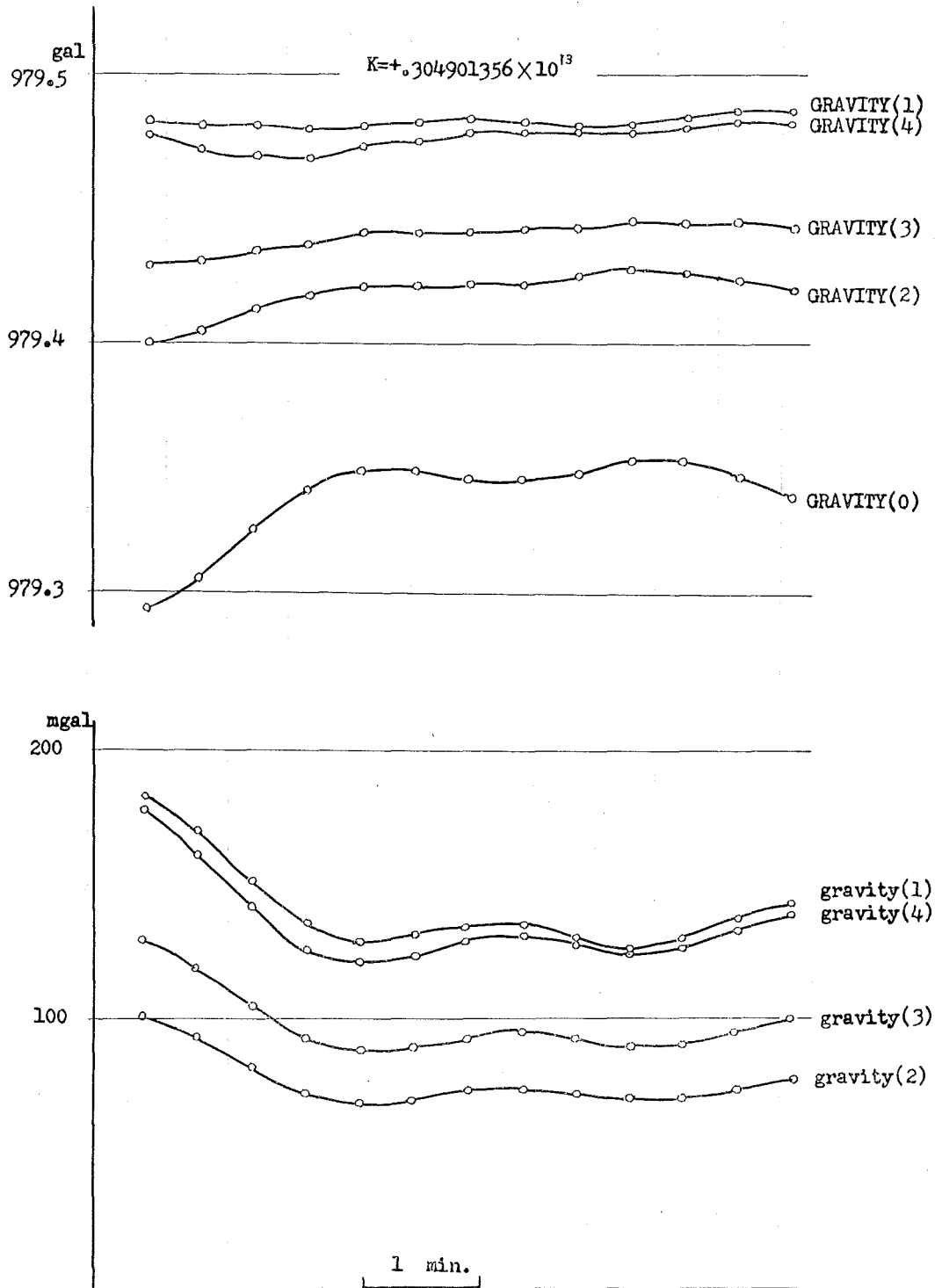


Fig. 2. Resultant gravity values by the digital filtering (upper), and second order corrections for the disturbing acceleration (lower)

TABLE 1. WEIGHTING COEFFICIENTS FOR THE DIGITAL FILTERING

000000	000001	000003	000006	000010	000015	000021	000028	000036	000045
000055	000066	000078	000091	000105	000120	000136	000153	000171	000190
000210	000231	000253	000276	000300	000325	000351	000378	000406	000435
000465	000496	000528	000561	000595	000630	000666	000703	000741	000780
000820	000861	000903	000946	000990	001035	001081	001128	001176	001225
001275	001326	001378	001431	001485	001540	001596	001653	001711	001770
001830	001891	001953	002016	002080	002145	002211	002278	002346	002415
002485	002556	002628	002701	002775	002850	002926	003003	003081	003160
003240	003321	003403	003486	003570	003655	003741	003828	003916	004005
004095	004186	004278	004371	004465	004560	004656	004753	004851	004950
005050	005150	005250	005350	005450	005550	005650	005750	005850	005950
006050	006150	006250	006350	006450	006550	006650	006750	006850	006950
007050	007150	007250	007350	007450	007550	007650	007750	007850	007950
008050	008150	008250	008350	008450	008550	008650	008750	008850	008950
009050	009150	009250	009350	009450	009550	009650	009750	009850	009950
010050	010149	010247	010344	010440	010535	010629	010722	010814	010905
010995	011084	011172	011259	011345	011430	011514	011597	011679	011760
011840	011919	011997	012074	012150	012225	012299	012372	012444	012515
012585	012654	012722	012789	012855	012920	012984	013047	013109	013170
013230	013289	013347	013404	013460	013515	013569	013622	013674	013725
013775	013823	013869	013913	013955	013995	014033	014069	014103	014135
014165	014193	014219	014243	014265	014285	014303	014319	014333	014345
014355	014363	014369	014373	014375	014375	014373	014369	014363	014355
014345	014333	014319	014303	014285	014265	014243	014219	014193	014165
014135	014103	014069	014033	013995	013955	013913	013869	013823	013775
013725	013674	013622	013569	013515	013460	013404	013347	013289	013230
013170	013109	013047	012984	012920	012855	012789	012722	012654	012585
012515	012444	012372	012299	012225	012150	012074	011997	011919	011840
011760	011679	011597	011514	011430	011345	011259	011172	011084	010995
010905	010814	010722	010629	010535	010440	010344	010247	010149	010050
009950	009850	009750	009650	009550	009450	009350	009250	009150	009050
008950	008850	008750	008650	008550	008450	008350	008250	008150	008050
007950	007850	007750	007650	007550	007450	007350	007250	007150	007050
006950	006850	006750	006650	006550	006450	006350	006250	006150	006050
005950	005850	005750	005650	005550	005450	004350	005250	005150	005050
004950	004851	004753	004656	004560	004465	004371	004278	004186	004095
004005	003916	003828	003741	003655	003570	003486	003403	003321	003240
003160	003081	003003	002926	002850	002775	002701	002628	002556	002485
002415	002346	002278	002211	002145	002080	002016	001953	001891	001830
001770	001711	001653	001596	001540	001485	001431	001378	001326	001275
001225	001176	001128	001081	001035	000990	000946	000903	000861	000820
000780	000741	000703	000666	000630	000595	000561	000528	000496	000465
000435	000406	000378	000351	000325	000300	000276	000253	000231	000210
000190	000171	000153	000136	000120	000105	000091	000078	000066	000055
000045	000036	000028	000021	000015	000010	000006	000003	000001	000000

TABLE 2. AN EXAMPLE OF THE DATA (SAMPLED MEAN PERIOD)

57270	58584	57014	54649	53261	53181	54927	56768	57392	57956
57089	55609	54830	54697	55490	56708	56938	55377	54088	53836
54956	57844	60260	58560	54754	52089	51223	52269	54995	58497
62270	62508	58133	54120	52060	51541	53230	56032	57802	58433
57445	55044	53203	52697	54011	56796	59896	61492	57909	54048
52243	52320	54579	57661	58661	56856	54647	53797	54584	56536
57860	57268	55796	54797	54558	54812	55248	56216	57527	57813
56764	55308	54295	53964	54269	55176	56130	57100	57242	56516
55898	55428	55301	55653	56486	56553	55964	55285	55199	55325
55099	54172	54219	55941	58431	59400	58601	55792	53520	53057
54043	56021	57096	55944	54333	53988	54930	57133	60040	60189
56751	53700	52350	53053	55103	57321	58248	57741	56545	54449
52903	52877	54229	56017	58060	59636	59644	56825	53459	52320
53124	55761	59316	59476	57286	54076	52040	51916	53630	57272
60877	60452	57451	54681	53182	52856	53669	55312	56987	58077
58099	57320	56049	54153	53018	53125	54578	57141	58787	58237
56746	55892	55726	55577	55061	54256	53517	53641	55126	57764
59715	59645	56683	53324	51975	52701	55756	58936	59803	57157
54248	52952	53361	55828	59465	60205	55658	51964	51527	52684
56829	62556	61747	57624	53260	51081	51285	53533	57701	61533
60687	56892	53111	51481	51965	54356	58066	60980	59726	56097
53825	53137	54158	55800	56280	55600	55188	55557	57570	60221
58143	54072	52053	51732	53320	56333	59719	61805	59311	54345
51007	50500	52067	55969	61626	64245	60611	55104	51519	50860
52141	55640	59064	58772	56840	54876	53392	53285	54923	57961
60738	59960	55831	52528	51411	52320	55464	59217	59377	57352
55069	53901	54299	56252	58108	57284	55840	54896	54616	54729
54591	54620	55253	56532	57150	56520	56424	57001	57394	56345
55232	54780	55008	54568	53930	54064	54842	56509	58428	59572
58599	56284	53943	53080	53520	54521	56346	57808	58046	56001
53888	53324	54358	56925	59888	58725	55476	53569	53211	54680
56588	57517	56919	55905	55116	54448	54691	55788	57229	58049
56847	54989	54364	54476	55297	56321	57142	56345	54452	53740
54627	56781	58562	58848	56234	53656	52742	53824	57016	60341
59556	56360	53521	52149	52439	53588	56114	59360	60787	58109
53734	51608	51697	54492	59598	63084	60452	55341	52099	51156
52306	55024	58002	60145	60492	57480	53916	51844	51621	53521
57017	58788	58128	56213	54231	53429	54581	57104	59852	60101
58480	55648	53147	51740	51765	53420	56332	59345	60375	57920
54572	52216	51831	53464	56674	60240	60886	58004	55256	54096
54632	55864	55691	54377	53757	54337	56263	58201	57571	55768
54597	54356	55382	56965	57425	56400	55161	54776	55487	56668
56388	55121	54591	55209	56069	57188	57401	56748	55425	54357
53814	54121	55043	56485	57936	58416	57626	56069	54623	53833
53665	54368	55824	57049	57323	56908	56187	55372	55097	55553