

波形記録読取り装置の試作

井島 武士*・高橋 智晴**

1. はしがき

運輸省所管の海岸および港湾では昭和30年以来、逐次全国波浪観測網の整備が行なわれて、現在30カ所以上の港湾および海岸で主として水圧式波高計による波浪の統一的な継続観測が行なわれている。このような組織的な観測の結果、多数の観測記録が集積されつつあって、当初の問題点であった波浪記録の測得、すなわち波高計による観測方法の実用化の問題および新しい波高計の開発の問題はおおむね解決されたのであるが、それにとまって新たに集積された記録の解析処理の問題が生じてきた。これは従来各観測港湾でそれぞれ測得した記録を人為的に読取り解析していたものが、近年、次第に労力不足となり、年々集積される記録の処理がおくれる一方であることと、読取り精度および方法が各地でまちまちであることのために、組織的な観測結果の総合的な取りまとめに十分でないという状態になってきたため、その集中的な処理解析が必要になったことによるものである。このためわれわれは数年前から波形記録の読取りと解析の作業を機械化する方法について研究してきたが、最近ほぼ目的を満足する結果を得たので、ここに概略を報告し参考に供したいと思う。この方法はすでに記録紙上にインクで書かれた、連続波形をデジタル量に変換する一方法で、定められた方法で記録されたものについては、一般に用いることができる一つのA-D変換器である。

2. 波形記録と読取りの条件

波形の連続記録であれば何でも良いが、ここでは水圧式波高計の記録を基準として述べることにする。波形記録はペン書きオッシログラフを用いて2時間ごとに20分間の連続記録を取ることを原則とし、同時に20sec間隔に刻時記録が入る。紙送り速度は毎秒1mmを標準としており、波形は従来赤インクを用いて不透明の白紙に太さ約0.2~0.4mmで記録されている。このような記録から水面波の有義波はつぎの手続きで直接に求められる。

(i) 波高は波の山から谷までの垂直距離、周期は相つぐ波の山の間の時間々隔とする。

(ii) 圧力波形記録(ここでは水底の圧力波形)のすべての圧力波高を測定し読取る。

(iii) この圧力波の最大のものから全波数の1/3を選び出し、その平均値($1/3$ 最大圧力波高 $P_{1/3}$)を計算する。

(iv) 上述の選び出された波の周期を測定し読取り、その平均値($1/3$ 最大圧力波の周期 $T_{1/3}$)を計算する。この $T_{1/3}$ は一般に水面波の有義波周期と近似的に等しいものとし、これを有義波の周期と考える。

(v) 水面波の有義波高 $H_{1/3}$ は次式により計算する。

$$H_{1/3} = n \cdot p_{1/3} \cdot \cosh \frac{2\pi h}{L} \dots \dots \dots (1)$$

ここで L は $T_{1/3}$ と水深 h とから

$$L = \frac{g(T_{1/3})^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L} \dots \dots \dots (2)$$

で決まる。 n は補正係数で一定とする。

同じ手続で水面波の $1/10$ 最大波や平均波などが求められる。

水面波のエネルギー スペクトルはつぎの手続きで求められる。

(i) 連続波形記録の静水位からのふれ $\eta(t)$ を、一定の時間々隔 Δt で読取る。これを $\eta(t_1), \eta(t_2), \dots, \eta(t_N)$ とする。

(ii) 読取られた $\eta(t)$ の数列の自己相関関数 $Q(p)$ を計算する。

$$Q(p) = \frac{2}{N-p} \sum_{k=1}^{N-p} \eta(t_k) \eta(t_{k+p}), p=0, 1, \dots, m \dots \dots \dots (3)$$

(iii) この $Q(p)$ をフーリエ変換を行ない、補正を加えてスペクトル密度 $R(\omega)$ を計算する。

$$L_h = \frac{1}{m} \left[Q_0 + 2 \sum_{p=1}^{m-1} Q_p \cos \frac{\pi p h}{m} + Q_m \cos \pi h \right] \dots \dots \dots (4)$$

$$R_h(\omega) = 0.23 L_{h-1} + 0.54 L_h + 0.23 L_{h+1} \dots \dots \dots (5)$$

$R(\omega)$ は水圧波のエネルギー スペクトルを表わす。

(iv) 水面波のエネルギー スペクトル $[A(\omega)]^2$ は次式の計算により求められる。

$$[A(\omega)]^2 = \left(\cosh \frac{2\pi h}{L} \right)^2 [R(\omega)]^2 \dots \dots \dots (6)$$

ここで L は $\omega = 2\pi/T$ と水深 h とにより式(2)から求められる波長である。

(v) $[A(\omega)]^2$ を ω のすべてについて積分した値 E を用い $H_{1/3} = 2.83 \sqrt{E}$ の関係から水面波の有義波高が求められる。

これらの計算は記録の読取り作業と数値計算とになり

* 正員 工博 運輸省港湾技術研究所

** 正員 運輸省港湾技術研究所

前者は、有義波の直接計算では(ii)および(iv)、スペクトル計算では(i)の作業である。数値計算は最近の計算機の進歩によって容易に行なわれるが、読取り作業はこれにくらべてきわめて多くの労力と時間とを必要とする。これをさけるために従来は連続波形を初めからデジタル量として取り出す方法、または磁気テープに記録することによって再生を容易ならしめる方法が取られている。しかし、そのような方法は波高測定法自体の変更、あるいは新たな記録回路の増設を必要とし、条件の異なる多数地点において普遍的にこれを実用化することには多くの困難をとまらう。そこで従来の記録方式をそのまま継続することとした場合、その読取り方式をいかに機械化するかが問題である。

3. 原理

上述のように記録紙に描かれた連続波形を自動的に読取る方式は、光電的方式に限定されるが、従来、実用化されている方法は、工作機械の自動操作、施設装置機器の管理制御などに用いられている線型追尾方式と、上述のような曲線の読取りに用いられている光点走査方式とあるが、前者は追尾機構が機械的駆動力によるために追尾速度がきわめておそいという難点があり、後者は走査速度とその安定などに問題があって、実用上はかなり膨大な装置を要し、われわれの目的には十分でない。

そこで、ここでは分割確認方式なるものを考案して用いることとした。これは図-1に示すように記録された波形を光学的に拡大し、その結像面において時間軸に垂直な方向に多数の分割された光電体を固定配列し、記録紙を適當の速度で送ることにより、波形曲線の像が光電体上を走査する際の曲線位置をおおのこの光電体に生ずる光電流により確認するものである。実際の波形記録は、最大振幅 40 mm 程度であるから、これを光学的に

5倍に拡大するものとし、受光光電体の大きさは 1 mm × 1 mm の正方形等質の光電半導体で、間隔 1 mm で直線上に配列してある。したがって光電体の中心間隔は 2 mm であるから、実際の波形を $2\text{ mm}/5=0.4\text{ mm}$ 間隔で区切って読取ることになる。この分割間隔は記録波形の線の太さとほぼ同程度で、これ以下の誤差で読取することを目標としている。測られ得る波形振幅の最大値は $2\text{ mm} \times 120 \div 5 = 48\text{ mm}$ までである。

このような方式は原理的にはきわめて容易であるが、問題は光学的に波形記録を拡大した場合、結像面において確実な光電体の動作のために必要な S. N. 比および照度を得ることである。光学的拡大方法としては図-1のように反射光方式と透過光方式とが考えられる。普通不透明な白紙に描かれた波形の拡大には、反射光方式を用いる外に方法がなく、われわれもまた、その方法による完成のために苦心したわけであったが、結局この方式においては、曲線の太さ、あるいは色など、また投光装置の改善をいかに行なっても、結像面における照度の絶対値があまりに小さく(波形を10倍に拡大したときに 10~20 ルックス程度)、また紙のヨゴレ、シワなどによる S. N. 比とその変動が大きく、図に示したように光電体を2列に並べて交流ブリッジ回路を用いて白紙部分と波形部分との差を増幅する必要があり、このため光電体と導線部分の接触点における整流作用、あるいはブリッジ間の相互干渉を生じ、照度の不足のために光電体の特性の不均一性の影響が大きくなり、したがって光源の多少の変化がブリッジの平衡を破るといふ悪影響が表われ、これらを除いて安定な走査回路を作ることはほとんど不可能であることがわかった。

したがって残された方法は透過光を用いるということに限定されるわけである。これは現用記録紙として不透明な白紙を用いることを不可能とし、記録紙として広く透明紙を用いることを意味するものであって、紙質および記録用インクについて慎重な考慮をほらう必要があるため、この方式の採用に踏み切ることにはしばしば躊躇を感じたものであった。しかし十分長期間ではないが、現在までのテストにおいては、実用上透明紙の採用には重大な欠陥が認められないので、透明光方式も実用可能であると判断した。

図-1に示すように透過光方式においては、約 1KW の光源ランプによって、結像面では約 3000 ルックスの照度を得ることができ S. N. 比もまた安定増加する。こ

図-1

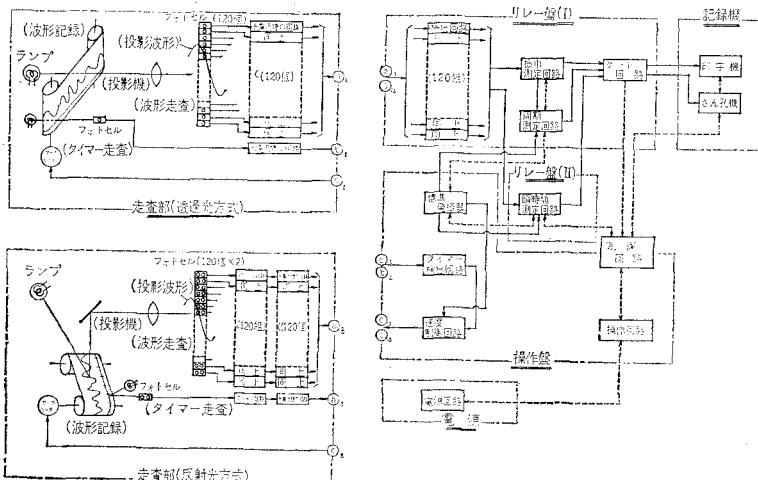


図-1に示すように透過光方式においては、約 1KW の光源ランプによって、結像面では約 3000 ルックスの照度を得ることができ S. N. 比もまた安定増加する。こ

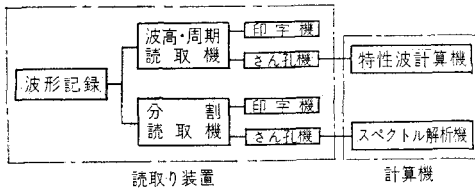
れによって光電体はきわめて安定して動作し、ブリッジ回路の必要がなくなり、光電流増幅もトランジスターを用いて直流によって行なわれるため、反射光方式における障害はすべて簡単に除去されることになった。

このようにして透明紙に記録された波形は 0.4 mm の間隔で読取ることができ、その速度は光電体の時定数 (10^{-8} sec 以下) により制限されるべきであるが、いまの場合それによる速度の制限は問題でなく、後述の記録装置または計算回路によって決められる。

4. 構成

この読取り方式によって行なうべき計算は 2. で述べたが、簡単に示すとつぎの 図-2 のようになる。すなわち一つは波形記録から、ただちに波高と周期を逐次読取り、印字機で数値として表示し、また後の計算（有義波、平均波等の算出）のために紙テープに値をさん孔する。いま一つはスペクトル解析のために、記録波形の基線からのふれを等時間隔で読取り、さん孔および印字する。この読取り装置部分の簡単なブロックダイヤグラムを示したのが 図-2 である。

図-2



まず走査機部分においては、既述のように透過光により 5 倍に拡大された波形が *GdS* フォトセル *Fp-76* を 120 個配列した光電体面に結像し、記録線の走査による個々の光電体の受光量の変化によって生ずる光電流の変化から記録線の位置が検知される。この光電流出力を増幅して個々のフォトセルに対応する検出リレーが動作し、時間軸に平行な基線からの偏位置として、波形位置が記憶される。これが分割読取りの場合の動作であり、この読取り間隔は標準発振器からの発信パルス数によって規定される所要の時間間隔をもってゲート回路の開閉が行なわれて、所要の間隔をもって波形のふれが記録される。

波高周期の読取りは、上記のように記録波形の位置の瞬時値が対応するリレーの応動によって示されているから、一連のリレーの動作を連続的に監視し、動作順序が逆転する位置で、その前に現われた最高値（波の山）を検知記憶し、つぎに現われる逆方向の反回点での最低値（波の谷）を検知し、前の最高値との差を求めることとし、これによって谷から山までの垂直距離、すなわち波高が求められる。一つの波高が求められると記憶された

最高値ははらわれて、つぎに現われる最高値の検出に入り、同様の動作をくり返して次々の波高を読取る。周期の読取りは、標準発振器からの発信パルス数を、上記の最高値検出時からつぎの検出時まで計数し、記憶することによって行なわれる。個々の波の波高および周期が算出されるとそれぞれの入力コードに応じた数値回路を形成し、ゲート回路の開閉により記録される。これらの動作はすべてリレー回路によって構成されるリレー盤(I)（検出回路70号リレー 360 個、波高測定回路70号リレー 42個、周期測定回路70号リレー 86個、ゲート回路70号リレー 20個）と、リレー盤(II)（瞬時値測定回路70号リレー 160 個）によって行なわれる。これらの簡単なブロックダイヤグラムは 図-1 に示すようである。このようにして測定し、読取られた値は記録部に入り、6 単位さん孔機および印字機に同時に記録される。さん孔されたテープはそのままつぎの計算機に送りこまれて、スペクトル解析あるいは特性波の計算を行なうことができる。

ここで特に注意すべきは波形記録の際の記録紙の送り速度の変動の補正である。記録紙の送り速度は通常一定であるべきであるが、観測の条件によって必ずしもそれは期待されない。このため読取りにあたってはその補正を行なう必要がある。これはこの方式では 図-1 の走査部に示されたタイマー走査用のフォトセルと、速度制御回路およびサーボモーターによって容易に行なわれる。刻時は記録紙には 20 秒間隔で入れてあるから、タイムマークを光学的に走査し、その出現間隔を測定して標準発振器との校正によって、サーボモーターの回転数を規正し、常に読取り周期が現地における波の周期に対応するようにすることができる。つぎに記録紙の汚れ、またはキズがあるために起こる誤読の防止の必要がある。このための回路はまだこの装置には付加されていないが、これらの汚点が波形曲線とはなれて存在する場合ならば、読取られる値の不連続性と、同時に 2 点以上の値が読取られることとなることから、監視回路を設けて不連続的な光電体の動作を防止することは容易であり、実用の段階では十分処理できる問題である。

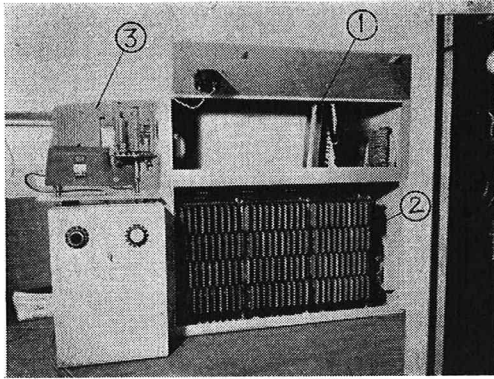
写真-1 は走査部を示し、①は光電体、②は光電流増幅器、③は投光器である。写真-2 は読取り装置各部分を示し、①は走査部、②はリレー盤 I、③はリレー盤 II、④は操作盤、⑤は印字機、⑥はさん孔機である。

5. 主要性能

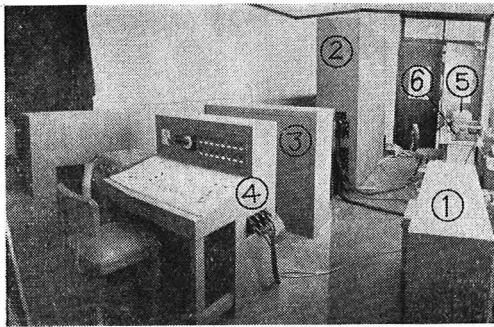
この装置の現在の段階でのおもな性能を示すとつぎのようである。

(i) 読取り速度：20 分間連続の波形記録に対して、すべての波高とその周期を読取り、記録するに要する時間は約 2 分、波形記録から現象の 1 秒間ごとのふれを分

写真一

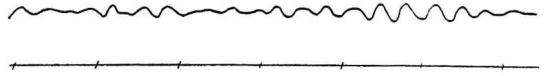


写真二

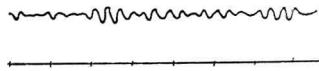


図一3

記録 A



記録 B



波形は 図一3 (A), (B) に示すようで、昭和38年7月8日および11日に久里浜湾内水深7mの地点に設置した水圧式波高計によるもので、記録紙はセルロイドロール紙で、緑色インクで記録したものである。刻時間隔はいずれも20秒で、(A), (B)はそれぞれ送り速度 16.3 mm/sec および 0.79 mm/sec で、210 秒および 140 秒間記録したものである。人為的読取りは1mm 方眼の目盛スケールを用いた記録線の上側を1mm 間隔で読取るものとし、各例について8回読取っている。読取りを行なったのは当所で常時類似の記録の読取り作業を行なっている女子職員である。この装置では同じ記録を8回くり返して読取り記録した。その結果は表一1に示すとおりである。人為的読取りでは間隔1mm 以下の読取りは困難であるが、この装置では0.5秒ごと(すなわち0.82mm および0.38mm 間隔)で読取ることもできるのである。この表から機械で読取る場合は、このような間隔で読取った場合でも(すなわち分解能が約2.5倍)人為的読取りに対して約30倍以上の速度を有することとなる。機械読取りの場合の誤読点数は前記の記録紙のヨゴレその他によるもので、監視回路の設定により取り除かれるもの

割読取り記録するに要する時間は約5分である。

(ii) 読取りの精度：既述のように波形の拡大率および光電体の大きさと配列間隔から決まり、振幅については0.4(±0.2)mm、周期については現象の0.2(±0.1)秒である。

(iii) 瞬時値の最小測定間隔は現象の0.2秒

(iv) 記録は透過光紙(幅140mm 以内、巻径100mm 以内)に、振幅48mm 以内に記録された連続波形とし、記録紙の送り速度は毎秒1~2mm 程度で、記録インクは不透明なものであれば良く、あるいは緑色のインクでも良い。

(v) 読取り装置の電源は入力100V ±15%, 50c. p. s とし、消費電力は約1.5KVA である。

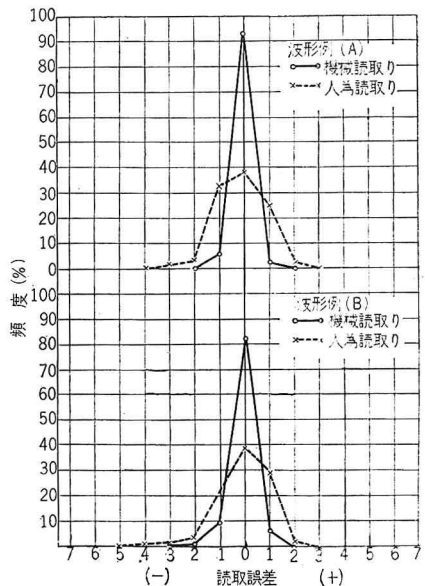
6. 実用例と人為的読取りとの比較

このような方法で記録を読取る場合、その精度と速度とから見て、従来の人為的読取り法と比較して、どの程度の効果があるかを調べてみた。

(1) 分割読取り法

分割読取りを人為的に行なうには、かなりの時間と労力を要するので、短時間の記録波形を数人の人に同じ方法で読取らせて個人能力(読取り速度、精度、誤差など)を平均化した能力を調べ、この装置を用いて同じ記録を同じ回数読取った結果を比較してみた。

図一4



表—1

分割読取り速度および誤読率表 (人為的読取り)

| 読取り No | 所要時間 | 読取り点数 | 人為/本機 読取時間比 | 誤読点数 | 誤読率(%) |
|---------|---------|-------|----------------|------|--------|
| 波形(A) 1 | 100 | 373 | 32.2 | 5 | 1.34 |
| 2 | 70(×2人) | 379 | 44.2 | 5 | 1.32 |
| 3 | 35(×2人) | 379 | 22.2 | 1 | 0.26 |
| 4 | 110 | 379 | 34.8 | 3 | 0.79 |
| 5 | 105 | 378 | 33.2 | 4 | 1.06 |
| 6 | 60(×2人) | 378 | 38.0 | 2 | 0.53 |
| 7 | 45(×2人) | 378 | 28.6 | 3 | 0.79 |
| 8 | 115 | 379 | 36.4 | 7 | 1.85 |
| 平均 | 106.3 | 377.9 | 33.6 | 3.75 | 0.99 |
| 波形(B) 1 | 20 | 126 | 19.1 | 0 | 0.00 |
| 2 | 15(×2人) | 126 | 28.6 | 1 | 0.79 |
| 3 | 14(×2人) | 126 | 26.7 | 3 | 2.38 |
| 4 | 30 | 126 | 28.5 | 0 | 0.00 |
| 5 | 30 | 126 | 28.7 | 2 | 1.60 |
| 6 | 15(×2人) | 125 | 28.7 | 2 | 1.60 |
| 7 | 25(×2人) | 125 | 48.0 | 2 | 1.60 |
| 8 | 45 | 125 | 43.2 | 1 | 0.80 |
| 平均 | 32.9 | 125.5 | 31.3 | 1.38 | 1.10 |

分割読取り速度および誤読率表 (本機読取り)

| 読取り No | 読出間隔 (秒) | 読取り点数 | 誤読 | | | |
|---------|-------------|-------|-----------|-------------|------|------------|
| | | | 無走査 点数 | 無走査率 (%) | 誤読点数 | 誤読率 (%) |
| 波形(A) 1 | 0.5 | 425 | 0 | 0.00 | 2 | 0.47 |
| 2 | " | 423 | 1 | 0.24 | 2 | 0.47 |
| 3 | " | 423 | 1 | 0.24 | 1 | 0.24 |
| 4 | " | 424 | 3 | 0.71 | 1 | 0.24 |
| 5 | " | 422 | 3 | 0.71 | 3 | 0.71 |
| 平均 | | 423.4 | 1.6 | 0.38 | 1.3 | 0.43 |
| 波形(B) 1 | 0.5 | 279 | 1 | 0.36 | 3 | 1.08 |
| 2 | " | 281 | 2 | 0.71 | 3 | 1.07 |
| 3 | " | 280 | 3 | 1.07 | 2 | 0.71 |
| 4 | " | 282 | 0 | 0.00 | 4 | 1.42 |
| 5 | " | 280 | 1 | 0.36 | 3 | 1.07 |
| 6 | " | 279 | 2 | 0.72 | 3 | 1.08 |
| 7 | " | 280 | 2 | 0.71 | 3 | 1.07 |
| 8 | " | 279 | 4 | 1.43 | 1 | 0.36 |
| 平均 | | 280 | 1.7 | 0.67 | 2.7 | 0.98 |

表—2

| 項目 | 機 械 読 取 り | | | | | | | 人 為 読 取 り | | | |
|-------------|-----------|------|------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|
| | No 1 | No 2 | No 3 | No 4 | No 5 | No 6 | 平均 | No 1 | No 2 | No 3 | 平均 |
| 読取波数 | 86 | 85 | 87 | 87 | 87 | 87 | 86.5 | 94 | 96 | 92 | 94 |
| 読取時間 | 2分 | 2分 | 2分 | 2分 | 2分 | 2分 | 2分 | 25分 | 28分 | 26分 | 26分 |
| $H_{1/2}$ | 13.9 | 13.4 | 12.9 | 13.9 | 13.7 | 13.0 | 13.5 | 15.2 | 14.1 | 13.5 | 14.3 |
| 平均値よりの偏差(%) | 2.96 | 0.74 | 4.44 | 2.96 | 1.48 | 3.70 | 2.71 | 6.50 | 1.19 | 5.38 | 4.38 |
| $H_{1/10}$ | 16.4 | 15.9 | 16.3 | 16.2 | 16.6 | 15.7 | 16.2 | 18.5 | 16.2 | 15.8 | 16.8 |
| 平均値よりの偏差(%) | 1.23 | 1.85 | 0.62 | 0.00 | 2.47 | 3.09 | 1.54 | 9.93 | 3.75 | 6.13 | 66.3 |
| H_{mean} | 8.9 | 9.4 | 8.3 | 8.8 | 8.7 | 8.3 | 8.7 | 8.5 | 9.3 | 8.9 | 8.9 |
| 平均値よりの偏差(%) | 2.30 | 8.05 | 6.90 | 1.15 | 0.00 | 4.60 | 3.83 | 4.49 | 4.49 | 0.00 | 2.99 |
| $T_{1/2}$ | 24.4 | 23.3 | 24.4 | 24.7 | 24.7 | 25.3 | 24.5 | 26.8 | 25.8 | 25.8 | 26.0 |
| 平均値よりの偏差(%) | 0.43 | 5.11 | 0.43 | 0.82 | 0.82 | 3.40 | 3.62 | 1.15 | 0.77 | 0.77 | 0.90 |
| $T_{1/10}$ | 23.1 | 21.2 | 24.0 | 23.9 | 24.2 | 24.3 | 23.5 | 25.9 | 25.9 | 26.3 | 26.0 |
| 平均値よりの偏差(%) | 1.70 | 9.79 | 2.13 | 1.70 | 2.98 | 3.40 | 3.62 | 0.38 | 0.38 | 1.15 | 0.64 |
| T_{mean} | 24.6 | 25.2 | 24.4 | 25.1 | 24.1 | 24.1 | 24.6 | 24.9 | 24.0 | 24.1 | 24.3 |
| 平均値よりの偏差(%) | 0.00 | 2.44 | 0.81 | 2.03 | 2.03 | 2.03 | 1.56 | 2.47 | 1.24 | 0.82 | 1.51 |

ただし振幅単位, 0.4 mm 周期単位 0.5 sec

であり、無走査点数はインクの濃度のムラによるもので、機械での誤差はこれだけに限定されると見てよい。人為的読取りにおける誤読は偶然誤差である。

つぎに読取り精度について考えるために、この両方で読取られた8回の値から波形を再現し、個々の波形の波高と周期を求め8個の値の最多値を真値と見なして読取り誤差の分布を検討した結果は図—4に示すとおりである。ここで横軸の単位は0.4mmでこの機械の許容誤差の上限と見られるものである。人為的読取りでは1mm間隔、機械では約その半分であるという差はあるが、機械による結果が、(A)、(B)いずれの記録においても明らかに良好であることがわかる(両者での誤読値は正し

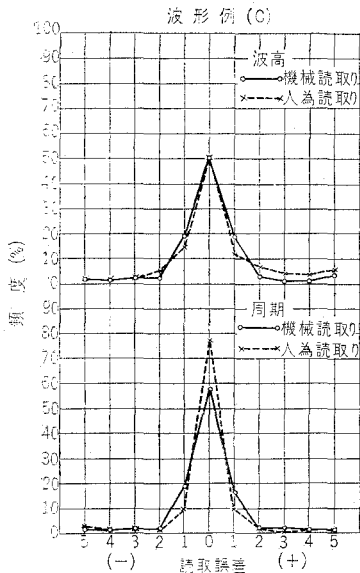
い値に直している)。

(2) 波高周期読取り法

この読取りにおける人為的方法と機械による方法との比較を行なうために20分間の連続波形記録(前述の記録と同じ時期のもの)で、送り速度が0.8 mm/secのもの2種類を取り出し、機械ではおのおの6回、人為的には異なる人に1回宛読取らせたものにつき比較した。この結果のうち記録(C)によるものを示すと表—2のようである。ここで $H_{1/2}$ 、 $T_{1/2}$ 等は機械および人が読取ったすべての波高と周期から、いずれも人為的に有義波を選び出して計算したものであるから、完全に読取りの時間だけを示している。おのおのの特性波の読取り値と6回お

び3回の平均値からの偏差を%で示してある。これから読取りの速度は機械によると、20分間の連続波形を2分で読み取ることができ、人間によると約13倍の時間を要することがわかる。さらに、この機械に前述のような $1/3$ 最大波などの選出計算機構を加えるならば機械では約4分、人間によると約50~60分の時間を要する。つぎに読取り値のばらつきをくらべてみると大体1回ごとに数%大きいときは10%程度の変化が示される。このばらつきは機械においても人間においてもあまり大きな差がない。図-5は図-4と同様にしておのおのの波について機械と人間の読取り値の精度をくらべてみたもので、許容誤差が ± 1 (目盛)であるとすれば周期については両者いずれも読取り値の90%以上の許容誤差の範囲に入り、波高については機械では85~90%以上、人間では80~85%以上が許容誤差の範囲に入る。人為的読取りの誤差は誤読および記録線の太さの影響および波形がゆるやかな場合とsteepな場合による波山の判定の差異などによるものが多く、機械の場合の誤差は波形のsteepな場合とゆるやかに変わる場合とでの、光電体の間隔と記録の送り速度の関係および受光面積と検出リレーの応答速度の関係によるものと考えられる。

図-5



7. 今後の問題点

今後さらに検討すべき点は、この装置の基本的条件である透過光紙の使用とそれにもなつて現地観測での記録用インクの種類である。現地観測では記録は無入状態で、自動操作により行なわれることを原則としているから、2~4時間放置した後もインクの流動状態が良

く、また記録される場合にはインクは早く乾燥しなければならない。今後のテストでは前記のセルロイドロール紙を用いれば透光性は良好であり、湿度による伸縮はほとんど問題にならず、価格の点でも問題はない。インクは一般のペン書きオシログラフを用いるときは、フィルム修正用のライトインク(緑色)を使用することによりほとんど目的を達することができるが、インクの流出量の調整に注意を要し、従来の白紙にインクを用いる場合よりはやや注意を要する。記録の保存上は紙とインクの化学変化を調べる必要があり、今後長期間種々の条件での検討を行なう予定である。

そのほか既述のように、実際の観測記録ではかなり紙の汚れによる誤読が多く、すべての誤読の90%以上を占めることになるが、これは走査、検出回路の後段に比較監視回路を設けることにより、常に前後の値と比較して遊離した値を除き、隣接値と常に連続して検出リレーが動作するよう、規正することにより容易に防止することができる。

なお現在の装置では投光装置として1KWの投光電球を用いているが、この耐用時間が規格上20時間であるため、100Vの定格電圧を90V_rに下げて約40時間用いているがこの間にも有効照度が低下するので、これを防止するために沃度電球の使用を検討している。

8. 結び

以上のようにこの装置の基本的性能として波高、周期の読取りは人為読取りの約13倍、分割読取りでは約30倍のデータ処理能力を有することが明らかで、これにより約10カ所分の波浪観測記録の自動処理が可能である。現状では実用的な読取り精度および確度は人為読取りに比べて格段にすぐれているとはいえないかもしれないが、基本的な性能として分割読取りにおいて人為読取りで到達できない読取り間隔の細分化(分解能の向上)と個人誤差および完全な偶然誤差を除き得る点、さらに記録紙の送り速度のムラによる読取り間隔および周期のムラを自動的に補正することのできる点ですぐれており、また誤差範囲の縮小は記録波形の光学的拡大と、光電体総数の増加によって現状よりもさらに向上することは疑いない。

この装置の完成と実用化によって波浪観測記録の集中的自動処理組織の整備を促進することができるものと考えている。

この研究は現地観測を担当している現場の方々の強い要望に応えるために鋭意促進してきたもので、実験については富士電気興業KK石川孝行技師の熱心なご協力に負うところがきわめて大きい。ここに深く感謝の意を表するものである。