

表録

運輸省港湾技術研究所

# 港湾技術研究所 報告

---

---

REPORT OF  
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH  
INSTITUTE  
MINISTRY OF TRANSPORT

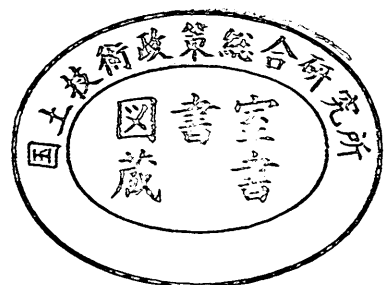
---

VOL. 10

NO. 1

MAR. 1971

NAGASE, YOKOSUKA, JAPAN



港湾技術研究所報告は第7巻第1号より年4回定期的に刊行する。  
報告の入手を希望する方は論文番号を明記して港湾技術研究所長に申し込んで下さい。

The Report of the Port and Harbour Research Institute is published quarterly, either in Japanese or in occidental languages. The title and synopsis are given both in Japanese and in occidental languages.

The copies of the Report are distributed to the agencies interested on the basis of mutual exchange of technical publication.

Inquiries relating to the Report should be addressed to the director of the Institute specifying the numbers of papers in concern.

# 港湾技術研究所報告 (REPORT OF P.H.R.I.)

第10巻 第1号 (Vol. 10, No. 1), 1971年3月 (Mar. 1971)

## 目 次 (CONTENTS)

1. An Experimental Study of the Turbulent Structure of Wind over Water Waves .....Hajime KATO, Kikuo SANO..... 3  
(水面波上の風の乱流構造に関する実験的研究.....加藤 始・佐野喜久雄)
2. 波浪データの集中処理方式について .....高橋智晴・鈴木禮実・佐々木 弘  
副島 毅・菅原一晃・中井徹也..... 43  
(On a Concentrative Handling and Analysis System for Wave Observation Data .....Tomoharu TAKAHASHI, Yoshimi SUZUKI, Hiroshi SASAKI and Takeshi SOEJIMA, Kazuteru SUGAHARA, Tetsuya NAKAI)
3. 粘土試料のかく乱に関する研究 (第3報)  
—単純せん断試験機による繰り返し破壊試験および圧密試験—  
.....奥村樹郎・梅田裕史・成田 実..... 77  
Studies on the Disturbance of Clay Samples (3rd Reports)  
—Repeated Loading Tests and Consolidation Tests with a Simple Shear Apparatus—  
.....Tatsuro OKUMURA, and Hirofumi UMEAD, Minoru NARITA)
4. 数値解による杭の横抵抗の基準曲線の作成 .....山下生比古・稲富隆昌・小蔵紘一郎・奥山育英.....107  
(New Standard Curves in the PHRI Method .....Ikuhiko YAMASHITA, Takamasa INATOMI, Koichiro OGURA and Yasuhide OKUYAMA)
5. 掘削時における砂の応力—ひずみ関係の一考察 .....岩崎峯夫・麻山和正・石塚浩次・河野 茂.....169  
(Study on the Stress-strain relationship of soils under excavation .....Mineo IWASAKI, Kazumasa ASAYAMA, Kozi ISHIZUKA and Sigeru KONO)

## 2. 波浪データの集中処理方式について

高橋智晴\*・鈴木禧実\*\*・佐々木弘\*\*\*  
副島毅\*\*\*・菅原一晃\*\*\*・中井徹也\*\*\*

### 要 旨

統一的技術基準による波浪観測の実施，観測データの処理解析の必要性から，昭和40年度以来港湾技術研究所において現地波浪記録の読み取り作業および解析処理をデジタル記録により機械化する方法について研究してきた。

本報告においては，現地波浪デジタルデータ取得方式ならびに，それにもとづく波浪観測データの集中処理方式について，開発された諸機器の概要とともに述べ，デジタルデータ処理方式による通常の波浪観測データの取得および処理に関しては実用的に十分な精度をもつことを明らかにした。

また，このデータ取得処理方式が，運輸省港湾局において策定された“波浪に関する拠点観測”にいかにか活用されているかを示す。

---

\* 水工部 観測調査課長  
\*\* 水工部 前主任研究官  
\*\*\* 水工部 観測調査課

## On a Concentrative Handling and Analysis System for Wave Observation Data

**Tomoharu TAKAHASHI\***

**Yoshimi SUZUKI\*\***

**Hiroshi SASAKI\*\*\***

**Takeshi SOEJIMA\*\*\***

**Kazuteru SUGAHARA\*\*\***

**Tetsuya NAKAI\*\*\***

### Synopsis

Due to the rapid development of Japan during the last decade the demand for accurate coastal wave data along the coast of Japan was realised several years ago. A unified data analysis and processing technique has been requested as the number of wave observation points increases.

A digital data processing system for coastal wave data has been studied in the Port and Harbour Research Institute since 1965.

The system and the devices which have been developed for the establishment of the system are discussed in this report as well as the accuracy of wave characteristics obtained through the system.

One of the applications of the system for the wide wave observation network (including 14 wave observation stations) which has been established by the Port and Harbour Bureau, Ministry of Transport, is reviewed as a concentrative data processing system.

---

\* Hydraulics Division, Chief of Observation and Inquiry Section.

\*\* Hydraulics Division, Senior Research Engineer.

\*\*\* Hydraulics Division, Observation and Inquiry Section

## 目 次

1. はしがき	47
2. 波浪データの集中処理方式	47
2.1 デジタルデータ処理方式	47
2.2 電算機による演算処理	48
3. データ取得方式	50
3.1 アナログ記録とデジタル記録	50
3.2 デジタル記録装置	52
4. データ処理機器	54
4.1 $P_t-P_t$ コード変換器	54
4.2 $P_t-M_t$ コード変換器	56
4.3 特殊コードパンチャー	59
5. デジタルデータ処理	59
5.1 データの流れ	59
5.2 データ処理精度	61
5.3 データ処理能力	73
6. 波浪に関する拠点観測	74
7. あとがき	75
参考文献	76

### 1. はしがき

わが国の港湾における沿岸波浪の定常観測は、昭和28年小名浜港での水圧式波高計による定常観測の成功に始まり、約100か所で波浪観測が実施されている。

波浪観測を定常業務化する観測地点が増えるにしたがい、取得された観測データは所定の概念にもとづいて整理され、調査目的に応じて活用されているが、具体的な整理手法やその取扱いは必ずしも一定しておらず、統一的技術基準による観測の実施、観測データの処理解析の必要性が望まれている。港湾技術研究所においては昭和40年度以来現地観測記録の読み取り作業および解析処理をデジタル記録により機械化し、能率化する方法について研究してきた。

本報告においては、新しく開発された現地波浪デジタルデータ取得方式、ならびにそれにもとづく波浪観測データの集中処理方式について述べるとともに、デジタルデータ処理方式による観測精度の検討結果についてとりまとめた。

またこのデータ取得処理方式が、運輸省港湾局において策定された“波浪に関する拠点観測”(昭和43年10月策定、昭和45年度よりデータ処理実務を実施中)にいかか活用されているかを示す。

### 2. 波浪データの集中処理方式

#### 2.1 デジタルデータ処理方式

波浪データの処理方法には種々の方法<sup>1)</sup>があるが、従来一般的方法として用いられているアナログ記録を手作業により処理解析する場合には、記録読み取り時に個人誤差が介入し、また読み取り後の演算処理の段階では演算の誤差も介入する。したがってデータ処理の解析の手法のみを規定しても同じ技術レベルの結果が得られるとは限らない。また手計算による場合は処理解析に要する時間も多く、能率的ではない。

これらの誤差の介入を排除し従来手計算に頼っていた作業をすべて機械化し、高速デジタル計算機を使用してデータ処理作業の省力化、能率向上を図り、多くの観測データを統一的技術水準で集中的に処理するには、取得データをデジタルに化する必要がある。

現在一般的に使用されている波高計の種類は多く<sup>2)</sup>、測定方式も多様であるが、記録方式はほとんどが、アナログ記録を記録紙上に記録する方式をとっている。これ

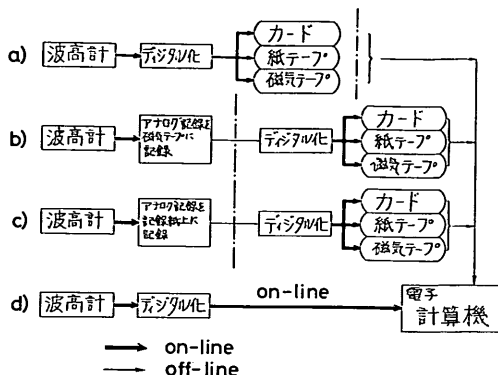


図 2-1 デジタルデータ取得処理方式説明図

らの記録をデジタル化し、高速デジタル計算機の入力とするためには 図 2-1 に示すようなデータ取得処理方式が考えられる。計算機への入力方法としては、カードによる場合、紙テープによる場合、および磁気テープによる場合の三通りの方法が考えられるが、問題は波高計により測定される波の時間変化記録をどの段階でデジタル化すれば、システムとして経済的かつ能率的であるかである。

通常実施されている現地波浪観測装置は、海の近くの観測所で自動制御により2時間毎に20分間、継続的に取得されるものであること、現地での保守が比較的簡単で故障が少なくかつ安定性のあること、安価なことが望まれ、また個々の波の周期としては一般に3秒程度以上の波が対象となる等の条件を考慮し、図 2-1 の各データ取得方式を検討してみた。

まず a) について電算機への入力所要時間を現在港湾技術研究所に設置されている TOSBAC-3400-41 の入力機器を例にとりて比較すると、

カ ー ド	1,000 枚/分
紙 テ ー プ	1,000 字/秒
磁気テープ	60,000 字/秒

となりデータの形式により多少の差はあるが磁気テープによる入力所要時間が他と比較して桁違いに少ない。

またデータの収容能力を比較しても磁気テープが最も有利である。たとえば20分間の波浪のアナログ記録を0.2秒毎にデジタル化した場合、1回の観測時間のデータ総数は6,000ケとなり、これをデータの形式としてIタイプの5桁で入力するものとする、1回の観測データを収容するのに必要な、カード、紙テープ、磁気テ

ープの量は概略次のようになる。

カード	375 枚
紙テープ	30,000 字=250 フィート≒75 m
磁気テープ	30,000 字≒5.5 フィート≒1.65 m (I.R.G. を含む)

これらのデータを読み取る時間は、

カード	22.5 秒
紙テープ	30 秒
磁気テープ	0.5 秒

となる。

したがって磁気テープにデジタルデータを収録し、電子計算機への入力データとする方法が最も能率的な方法と考えられるが、デジタル化する場合に、波高計の出力を直接電算機入力用の磁気テープにデジタル化して記録することは保守監視、取り扱いおよび輸送上の不便が多く、経済的にも不相当である。カードおよび紙テープに、直接電算機で読み取り可能な形式でデジタルデータを収録した場合にはデータの量が龐大な量になり取り扱い上からも不相当である。

b) 方式の場合には、現地観測所において磁気テープ上に波高記録をナアログ形式で記録をしこれをデジタル化して計算機の入力とする方式であるが、デジタル化の段階で高価な専用機器が必要である上、上記現地条件での記録計の保守は容易ではない。しかしながらデジタル化の作業をデータセンター的性格をもつ部所で統括して実施すれば経済性は高くなる。

c) の場合には、現在の観測方法を考慮した場合実現可能であるが、デジタル化作業を高効率で行なう方法はこの処理系の開発当初には見あたらなかった。

もちろん d) の場合のように波高計の出力を直接デジタル化して計算機の入力とする on-line 処理方式も考えられるが、高性能小型電子計算機が実用化されたのは最近のことであり、電話回線を利用するデータ電送方式もこの処理系の開発当初においては実用性が不明確であった。

このように波高計記録をデジタル化して処理解析することを考える場合、単に一観測点における観測記録を対象としていたのでは初期の目的を満足する結果も得られず、また不経済であるので、図 2-1 の a) 方式で紙テープを使用する方法について、1 観測時間のデータ総数を少なくするために、現地観測点ではパリティビットなしの純 2 進 8 桁コードによって記録を取得し、データ集中

部に収録し、集中的にデータ処理解析を行なう 図 2-2 のような方式の開発実用化研究を行なった。

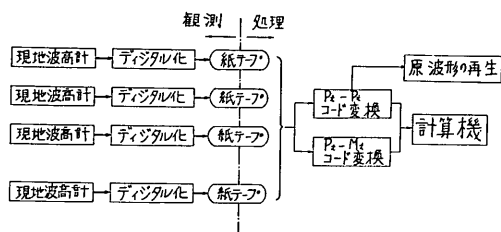


図 2-2 デジタルデータ集中処理方式説明図

前述のとおり沿岸波浪の定常観測は 2 時間ごとに 20 分間の観測が一般的であり、この 20 分間の記録から有義波の諸元を求めることがデータ処理の中心の作業となっているが、近年波浪データのスペクトル解析をする必要も多くなってきている。したがって沿岸波浪の汎用的デジタル記録としては 20 分間の連続波形記録が必要であり、有義波の計算に際しては量子化時間間隔を十分小さくとる必要がある。このシステムではデジタルデータ取得方式の開発にあたり量子化時間間隔、 $\Delta t$  を 0.2 秒および 0.5 秒とし、現地紙テープは 8 単位標準品を使用した。紙テープコードは純 2 進 8 桁であるので波高計による測定入力信号は紙テープ 1 キャラクターに 0~250 の数値として記録される。251~255 に相当する符号は、データ間区切符号等特殊コードとして識別される。 $\Delta t=0.2$  秒の場合には 20 分間のデータは約 6,000 キャラクターのデータ列となり、通常の紙テープ 1 巻は 105,000 キャラクター程度(有効長さ)であるので、上記の特殊コードを用いても 1 日半に 1 回の割合で紙テープを交換する必要がある。しかしながら、後述するごとくデータの処理精度から  $\Delta t=0.5$  秒に設定しても精度上の要求は満足される場合が多いので、1 観測回数の波形データの総数を 2,400 ケ程まで低減することができるため現地での紙テープの交換は 1 週間 2 回程度とすることが可能であり実用上さして支障はないと考えた。

## 2-2 電算機による演算処理

現地波浪観測データを処理解析する場合、直接、波の連続波形を対象とするとき(一次的処理)と一次的処理結果の解析とに分けられる。具体的には前者は波形記録から平均波法により有義波その他の波浪諸元を求めたり、波形の瞬時値の分布を調べたり、波形の周波数分析を行ったりする作業であり、後者は波浪諸元の頻度分布、発生確率の算出、相関、パワースペクトルの時間的変化、



等の解析処理である。

本処理系の目的はまず一次的処理を統一的技術基準で行ない処理の合理化を図ることであるが、同時に電算機による平均波諸元の処理結果は磁気テープに収録し得るので集積されたデータによる波浪統計等の二次的解析も機械化され省力化、能率化される。ここでは一次的処理の代表的手法である有義波算出を含む平均波法およびパワースペクトルを求める計算手順を示す。

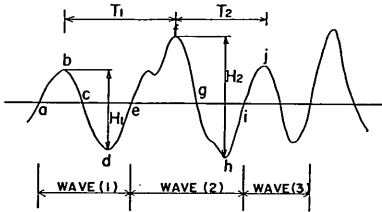


図 2-3 デジタルデータの波形読み取り説明図

### 2-2-1 平均波法

波高計により測得される波形記録は図 2-3 のようなものであり、個々の波の波高  $H$  および周期  $T$  の定義づけは種々考えられるが<sup>1)</sup> 本処理系の中では次のように定義する。波形中央の平均線は記録波形の面積平均である。波形が平均線を下から上（記録の一侧から十側）に横切る点  $a$  から次に上向きに平均線を横切る点  $e$  までを一つの波と考え、この波の波高は  $ae$  間での波形の最高点  $b$  と最低点  $d$  との垂直距離  $H_1$  とする。周期は一つの波の最高点とそれに引続く波の最高点との時間間隔とする。したがって、(1) の波の周期は  $bf$  の時間間隔  $T_1$  であらわされる。周期については  $ae$  の時間間隔（ゼロアップクロス周期）を周期と考える方法が一般的であるが、従来のアナログ記録の波の整理法との関連で上記のように  $T_1$  を波-1 の周期と定義する。

平均波法においては、一連の波形記録について個々の波および波高、周期を上述のごとく定め、平均波、有義波、1/10 最大波、および最高波それぞれの波高および周期を次の手順で求める。

i) 単位記録時間内に記録されたデジタル記録（単位記録時間が20分間で量子化時間間隔  $\Delta t$  が 0.2 秒または 0.5 秒のときはデータ数約 6,000 ケまたは約 2,400 ケの数値列で構成される） $\eta(t_i)$  の平均値を求める。

$$\eta_{\text{mean}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta(t_i)$$

$n$ : 単位記録時間内のデータ数

ii) 個々の数値列の、平均値からの偏差を求める。

$$\eta(t_i) = \eta(t_i) - \eta_{\text{mean}}$$

iii) 定義に従い単位記録時間内のすべての波の波高、周期を求める。同時にこの単位記録時間に含まれる波の数を求める。波数を  $N$  とする。

iv) 波高の大きい順に並べ変える。この場合周期は対応する波高と同じ順序に並べ変える。

水圧式波高計の記録の場合には波高が同じときは周期の小さい方から順に並べる。

v) iv) で並べ変えられた波高列  $H_i$ 、周期列  $T_i$  から平均波諸元を次式により求める。

記録波形の平均波高および周期

$$H_{\text{mean}} = \frac{1}{N} \sum H_i$$

$$T_{\text{mean}} = \frac{1}{N} \sum T_i$$

記録波形の有義波高および周期

$$H_{1/3} = \frac{1}{N/3} \sum_1^{N/3} H_i$$

$$T_{1/3} = \frac{1}{N/3} \sum_1^{N/3} T_i$$

記録波形の 1/10 最大波高および周期

$$H_{1/10} = \frac{1}{N/10} \sum_1^{N/10} H_i$$

$$T_{1/10} = \frac{1}{N/10} \sum_1^{N/10} T_i$$

記録波形の最高波高およびその周期

$$H_{\text{max}} = H_1$$

$$T_{\text{max}} = T_1$$

有義波、1/10 最大波を求めるための波数  $N/3$ 、 $N/10$  に端数が生ずるときは小数点以下を切り捨てる。

vi) v) で求められた記録波形の波高に波高計および記録系を含めた測定系の増幅率を乗じて波高とする。

水圧式波高計の記録については記録波形の波高、周期の平均量を用いて次式により表面波に換算する。

$$H_s = \frac{n}{W} \times H_p \times \frac{\cosh \frac{2\pi h}{L}}{\cosh \frac{2\pi R}{L}} \quad (2-1)$$

ここに

$H_s$ : 表面波高

$H_p$ :  $K \cdot a$  水中圧力波形の波高の平均量,  $H_{\text{mean}}$ ,

$H_{1/3}$  など

- $K$ ; 波高計および記録系を含めた測定系の増幅率  
 $a$ ; 記録波の振幅の平均量,  $a_{\text{mean}}$ ,  $a_{1/3}$  など  
 $n$ ; 波高補正係数 (通常  $n=1.35$  が用いられている)  
 $W$ ; 海水の単位体積重量  
 $h$ ; 波高計設置場所の水深  
 $R$ ; 機深 (波底から波高計までの高さ)  
 $L$ ; 微小振幅波理論にもとづく波の波長

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L}$$

$T$ ; 波の周期の平均量,  $T_{\text{mean}}$ ,  $T_{1/3}$  など

水圧波形記録から表面波高を求める場合には換算の手順により3通りの方法が考えられるがこの点については5章において詳述する。

### 2-2-2 パワースペクトルの計算

この処理系で用いられているパワースペクトルの計算法は比較的古い方法で Tukey<sup>3)</sup> の方法とよばれるものである。計算の手順は次のとおりである。

i) 平均波法と同様単位記録時間内に記録されたデジタル記録の平均値を求め平均値からの偏差を求める。

ii) ラグタイム (遅れ時間, lag time)  $\tau = t_{i+k} - t_i$  に対する自己相関関数を求める。

$$R(k) = \frac{1}{N-k} \sum_{n=1}^{N-k} \eta(t_i) \times \eta(t_{i+k}) \quad (2-2)$$

$(k=0, 1, 2, \dots, m)$

ここに  $R(k)$ ; 遅れ時間に対する自己相関関数

$m$ ; 最大ラグ数

$\eta(t_i)$ ; 時刻  $t_i$  における波形の平均値からの偏差

$N$ ; データ総数

iii) 自己相関関数をフーリエ変換しパワースペクトルを求める。

$$\hat{S}(f_h) = dt \left[ R(0) + 2 \sum_{k=1}^{m-1} R(k) \cos \frac{k\pi h}{m} + R(m) \cos h\pi \right]$$

$(h=0, 1, 2, \dots, m) \quad (2-3)$

$\hat{S}(f_h)$ ; 生のスペクトル密度

iv)  $\hat{S}(f_h)$  を Hamming のスペクトルウィンドウを用いて平滑化する。

$$\left. \begin{aligned} S(f_0) &= 0.54 \hat{S}(f_0) + 0.46 \hat{S}(f_1) \\ S(f_h) &= 0.54 \hat{S}(f_h) + 0.23 (\hat{S}(f_{h-1}) \\ &\quad + \hat{S}(f_{h+1})) \\ h &= 1, 2, \dots, m-1 \\ S(f_m) &= 0.54 \hat{S}(f_m) + 0.46 \hat{S}(f_{m-1}) \end{aligned} \right\} (2-4)$$

本処理系においては量子化時間間隔が 0.2 または 0.5 秒であるが、一般に海の波のスペクトル解析を行なう場合、2秒以下の波は無視しても良いと考えられるので、量子化時間間隔が1秒程度で充分と考えられる。したがってスペクトルを求める場合には現地デジタルデータから一定時間毎にデータを抜き出して  $t_i - t_{i-1} = dt$  が1秒になるようなデータ列を作りこれを  $\eta(t_i)$  としている。

また式 (2-3) は two-sided スペクトルの周波数が正の側のスペクトル密度を求めているので実際のパワースペクトルを求める場合には  $S(f_h)$  を2倍する必要がある。

なお、本処理系においてパワースペクトルを算出する場合に問題となるデータに含まれる長周期波の取扱いは、スペクトル算出が異常波浪現象を解析する場合に限られているため、実際のデータを見て必要に応じその都度、データの相加平均または平均値の直線近似によりデータの補正を行なっている。

以下3章、4章において本処理系の実用化のために開発された諸機器について説明する。

## 3. データ取得方式

### 3.1 アナログ記録とデジタル記録

時間的に変化するアナログ量としての海の波の波形記録を、デジタル型の電子計算機で処理し得るように、小さな単位は何倍かという不連続なデジタル量に変換することを量子化といい、最小単位を量子化レベルとよんでいる。図 3-1 は通常の海の波の波高計による観測記録とこれをデジタル化した場合の波形を模式的に描いたものである。量子化レベルを小さくしていくとアナログ記録にデジタル記録が一致する。しかしながら量子化レベルには限度があるので量子化するには必ず最小位にまるめの誤差が入ってくる。また図 3-1 のデジタル波形には階段状のギザギザがあり量子化したことにより雑音が入っている。この雑音を量子化誤差という。この図からみるとデジタル波形の方が精度が劣るような感じをうけるが、例えばアナログ記録から目測により波高に相当する量を求めようとする場合には、使用するスケールの最小目盛の1/10以上の精度は期待できないからアナログ記録についても無限に細かく測定できるわけではない。一方デジタルデータを使用する場合には最小位 (量子化レベル) は常に一定でありそれ以下の桁は不明であるが、量子化レベルは測定系自体の精度お

よび現象の変動の大きさを考慮して決定すれば良いわけで、この点がアナログ記録との本質な違いである。したがって本質的にはアナログ記録に比較してデジタル記録の精度が劣るということではなく、計算、記憶、データの比較算の際にはむしろ実用上の利点が多いというべきである。

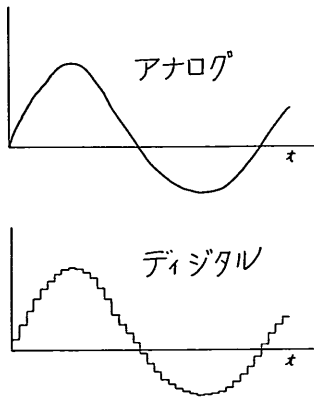


図 3-1 アナログ波形とデジタル波形

アナログデジタル変換を行なう場合、上にのべたようなみかけの誤差のほかに、変換に要する時間に起因する誤差が介入する。すなわち、ある時間的に変動するアナログ量の瞬時値を等時間間隔でサンプリングしアナログデジタル変換を行なう場合、変換に一定の時間がかかり、その間のアナログ量の時間的変動の情報は失われる。しかしながらサンプリング理論によると、アナログ量の周波数帯域が  $0 \sim f_c$  Hz の場合には  $F = \frac{1}{2f_c}$  の周期でサンプリングされたデジタル量から理論的には完全にもとの波形を再現できる。

アナログデジタル変換を実行する装置を A-D 変換器またはエンコーダと呼ぶが、要はいかに正確に速く量子化を実行するかが問題となるわけである。

A-D 変換器を変換方式で分類すると次のように分類できる。

A-D 変換器 { 機械式……コード板方式  
                   { 電気式…… { 計数式  
   { 比較式

機械式に分類されるものとしてコード板方式があり、電気式には計数式、比較式があり他に光電式のものもある。以下それぞれについて簡単にその原理と特徴について述べる。

### コード板方式

この方式は測定量を自動平衡計器(サーボメカニズム)を用いて機械的変位量、多くは軸のまわりの回転角に変換し、この軸に、径方向に多数のブラシを並べておき、固定側には絶縁板上に、種々のコードを組み合わせた導電材料を密着させ、各ブラシと導電材料との間に導通があるかないかを判定し回転角に比例したデジタル量として出力する。絶縁板上に導電材料を密着させた板をコード板といい、量子化されたデータの型式(10進法数値、2-5進法数値、2進法数値等)により種々のコード板が用いられる。またブラシが絶縁板と導電材料との中間に来た場合の変換誤差を取除くための種々のくふうがなされている。

コード板方式の A-D 変換器は小形で簡便であり、低価格で高信頼性が得られること、どのような符号をも実現可能であるという長所をもつと同時に、機械的変換器特有の接触部の汚損による誤動作、コード板を駆動するのにかなり大きなトルクを必要とすること、フルスケールに対する応答速度が 1 秒程度と遅いこと等が欠点としてあげられる。

### 計数式

計数式は測定しようとする量に比例した数のパルスを発生させ、この数を数えて測定量に対応するデジタル値を求めるものである。計数式 A-D 変換器の多くはソリッドステート化されているため、応答速度が速く、また変化の激しい量の測定に対しても寿命が長く、雑音に強いが後述する比較式に比べて簡単であり、経済的であるが若干精度は悪く 0.5% 程度である。

### 比較式

比較式は A-D 変換を行なうために、D-A 変換器を用いる方法である原理的には図 3-2 に示すようなものである。すなわち数値設定器に適当な数を設定しておき、それに比例した電圧を D-A 変換器でつくり出し、変換器の発生電圧を入力電圧と比較し、もし入力電圧の方が高ければ数値設定器の数を増し、低ければ設定された数を取りかえ、出入口電圧の平衡するまでこの操作をくりかえすことにより入力と設定量が等しくなるまで行

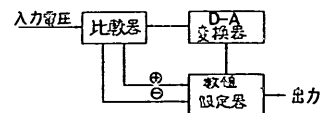


図 3-2 A-D 変換、比較方式説明図

なう。

この方式には追尾型、と逐次比較型とが代表的方式であるが変換速度の速い逐次比較型についてその概略を説明する。

逐次比較型の原理は図 3-3 に示されるようなもので、数値設定値の数のとり方として、重みをつけた ON または OFF の信号であらわす。2進数を採用すれば 1, 2, 4, 8, …… となる。数値設定値は重みの最も高いものから設定して比較をくりかえす。測定量のフルスケールを 256 とする場合には全ての量に対して 8 回の比較で 2 進数が求められる。

比較式 A-D 変換器の特徴としては、精度が高く、変換速度が速く A-D 変換、D-A 変換が同一の機器で可能である等の利点があるが、複雑な回路構成、高価である等の短所をあわせもっている。

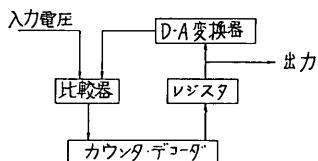


図 3-3 A-D 変換、逐次比較方式説明図

### 3.2 デジタル記録装置

波高計の記録を現地観測所で量子化し、図 2-2 のデータ取得システムを考える場合には、通常の定常観測に使用されているアナログ記録計のほかにデジタル記録計が必要である。出力として紙テープさん孔データを考える場合 A-D 変換器への入力の形式と A-D 変換方式の組み合わせにより図 3-4 のような構成が可能である。この場合デジタル記録装置の具備する条件として

- イ) 現地観測条件で安定に動作すること
- ロ) 既存の各種波高計記録装置に容易に附加できること
- ハ) 価格が安いこと
- ニ) 保守が容易であること
- ホ) 波高計との関連で誤測の生じにくいこと

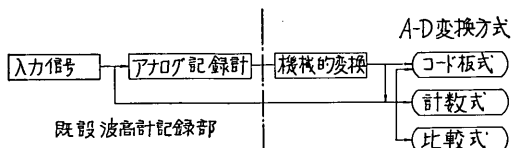


図 3-4 デジタル記録方式説明図

等がある。

試作 1 号機は自動平衡型のアナログ記録計のペンの動きをスライド抵抗により電気抵抗変化に置き換え、A-D 変換器の入力とする方式を採用した。A-D 変換方式は、現象が時間的にゆるやかに変動するものであることを考慮してコード板方式を用いた。

その後入力電圧の多様性、多チャンネル型の必要性等から、直接、測定信号電圧をも A-D 変換することの可能な逐次比較式を採用し、汎用型を開発した。

以下、試作 1 号機および汎用型についてその構成、および機能についてのべる。

#### 3-2-1 デジタル記録装置（試作 1 号機）

本装置は昭和 41 年 5 月に茨城県鹿島港において既設の総合波浪観測装置<sup>4)</sup>の波浪測定 2 要素（ストレインゲージ型水圧式波高計、超音波式波高計）を A-D 変換し、紙テープ記録を得るために試作された。A-D 変換器への入力は、総合波浪観測装置に組み込まれた波高を記録する自動平衡型の記録計の中の記録ペンの移動と連動して変化する  $1k\Omega$  のスライド抵抗の出力から得ている。

A-D 変換方式はコード板方式を用いているので、機械的摩擦部分があり入出力応答速度は測定全振幅（150 mm）に対して約 1 秒である。量子化レベルはフルスケールの  $1/250$  であり分割精度は分割単位の  $\pm 50\%$  以上となっている。出力される紙テープデータの形式は各観測時刻の区切符号として全さん孔（オールマーク）が約 5 桁入りその後は 0.2 秒または 0.5 秒毎にサンプリングされた測定データが純 2 進 8 桁コードで 20 分間継続する。測定時間は総合波浪観測装置の時限装置により制御される。

この装置は主として、現地波浪観測所における測定特性の試用実験に供され、測得されたデジタルデータは水圧式波高計による測得データと超音波式波高計による測得データの特性の比較およびデジタルデータによる演算処理精度の検討等に活用され試作 1 号機としての機能を十分に果たした。

しかしながら現地波浪の定常観測用のデジタル記録装置としては汎用性に関して欠陥があり、次のような欠点が指摘された。

- イ) コード板方式で A-D 変換するため機械的摩擦部分があり耐久性に問題がある。
- ロ) 自動平衡機器を介してスライド抵抗を駆動し、A-D 変換入力を得るための誤差が生ずる。
- ハ) アナログ記録計が故障した場合にはデジタル記

録は欠測となる。

- ニ) コード板方式を用いているため多要素の測定項目を同時測定する場合には要素の数だけ A-D 変換器が必要である。

表 3-1 デジタル記録装置機能, 性能表  
(試作 1 号機)

要素数	2 要素
アナログ入力	総合波浪観測装置の自動平衡型記録計サーボモータと連動するスライド抵抗, 1kΩ
記録方式	8 単位紙テープにさん孔
出力コード	純 2 進 8 桁コード
サンプリング周期	0.2±0.01 秒, 0.5±0.01 秒
A-D 変換	
方式	コード板式
読取值	±0.001 秒以内の瞬時値
変換値	フルスケール 250 分割
分割精度	分割単位 ±50% 以内
入出力応答速度	フルスケール 1 秒以内

試作 1 号機のブロックダイアグラムを図 3-5 にその機能, 性能を表 3-1 に示す。写真 3-1 は試作 1 号機の外觀である。

### 3-2-2 汎用型デジタル記録装置

試作 1 号機の試用実験後, 主として港湾技術研究所アシカ島観測所における波浪観測体制の整備に関連して, コード板方式または逐次比較方式の A-D 変換器を備えた, 入力方式の異なるデジタル記録装置を開発し, 試作 1 号機の試用結果指摘された欠陥の改良に努めた。

ここでは昭和45年12月現在で最も汎用性の高い機種と考えられるデジタル記録装置について, 汎用型として

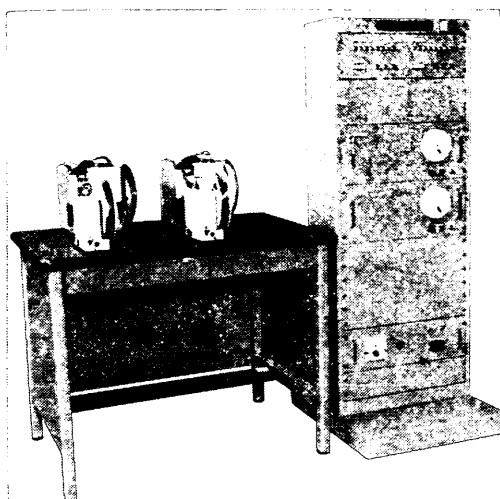


写真 3-1 デジタル記録装置外觀 (試作 1 号機)

その構成, 性能について簡単にのべる。この汎用型の特徴は試作 1 号機で指摘された欠陥のすべての原因となっている, A-D 変換方式を電子式の逐次比較方式に改め, A-D 変換器の入力として波高計の測定信号を直接導入し, 在来のアナログ記録計と並列に記録を取得するものである。

1 要素型のブロックダイアグラムを図 3-6 に示す。入力力は 0~1kΩ のスライド抵抗による場合と電圧で ±5V 程度まで任意に設定する場合のいずれも可能である。入出力応答速度はフルスケールに対して 0.1 秒にまで改善され, 量子化時間間隔はさん孔機の最高速度 0.05 秒/1 データまで短縮することができ, 水路実験等への利用も可能となった。測定要素数は 4 要素までスキャンニングして 1 つの A-D 変換器で変換する方式のものが開発されているが, 量子化時間間隔は最少で 0.2 sec である。また装置自体も軽量小型化された。

試作 1 号機から汎用型に至るまでの型式におい

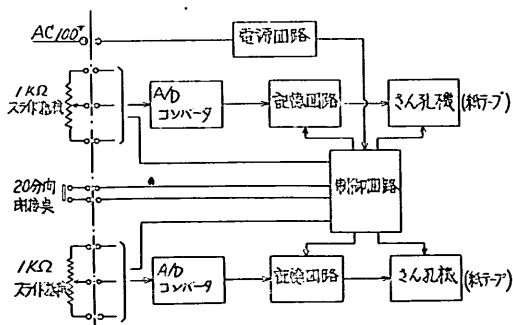


図 3-5 デジタル記録装置構成図 (試作 1 号機)

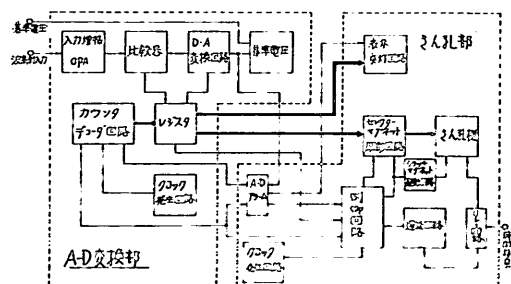


図 3-6 汎用型デジタル記録装置構成図 (1ch 型)

表 3-2 汎用型デジタル記録装置機能, 性能表

入 力	スライド抵抗 $1k\Omega$ , $\pm 0.5V$ , $\pm 1.0V$ 電圧入力
記録方式	8 単位紙テープにさん孔
出力コード	純 2 進 8 桁コード
サンプリング周期	0.05, 0.1, 0.5, 1.0 秒
A-D 変 換	
方 式	電子式逐次比較型
読 取 値	$\pm 0.001$ 秒以内の瞬時値
変 換 値	フルスケール 250 分割
分割精度	分割単位 $\pm 50\%$ 以内
入出力応答速度	フルスケール 0.1 秒以内

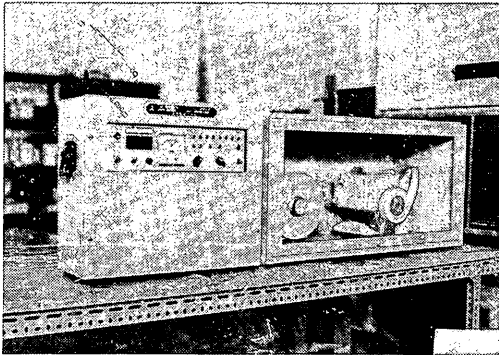


写真 3-2 汎用型デジタル記録装置外観

て、紙テープさん孔機はリコー電子工業 K.K 製の TP-25型を使用しているため軽量、小型ではあるが、さん孔機の寿命よりにデジタル記録装置全体の寿命が決定されている。現状ではさらに簡便で性能の良いさん孔機を付加することは困難であるため、汎用型の欠陥を取除く方策としては紙テープさん孔機の良い保守、および定期整備以外に方法はないようである。

写真 3-2 に汎用型デジタル記録装置の外観を示す。表 3-2 はその機能, 性能表である。

#### 4. データ処理機器

この集中処理方式では現地波高計のデジタル記録がバリティビットなしの純 2 進 8 桁のコードで収録されるため、デジタル電子計算機の入力データを得るためには符号変換をしなければならない。第 2 章でのべたごとく、データを電算機に入力する場合に磁気テープから入力する方式が短時間に大量のデータを入力することができ集中処理上能率が良いことが明らかであり、データの

符号変換器としては高速度の紙テープ磁気テープコード変換器が 1 台あれば十分である。しかしながら、この種のコード変換器は紙テープの読み取り速度と磁気テープ上の書き込みデータ密度の差により、かなり容器的な大きい記憶素子が必要となり装置としては高価なものとなる。研究の初期の段階では、この種のデジタルデータを用いた演算処理の精度も明らかでなかったため、第一段階として、演算処理精度の検討および紙テープデータ処理、取扱い上の問題点を探るため紙テープ紙テープコード変換器を試作し、主として、鹿島港に設置されたデジタル記録装置(試作 1 号機)のデータ処理に活用した。

引続き高速度の紙テープ紙テープコード変換器を試作し、データ処理能率の研究に活用し、昭和42年度にデータ読み取り速度が 500 字/秒の紙テープ磁気テープコード変換器を完成した。この装置は上述の研究完了後も後述する集中処理システムにおける原波形再生等原データのチェック、モニター作業に実用的に活用している。以下、紙テープ入力紙テープ出力のコード変換器を  $P_i-P_i$  コード変換器、磁気テープ出力のコード変換器を、 $P_i-M_i$  コード変換器と呼び各処理機器についてその概要をのべる。

##### 4-1 $P_i-P_i$ コード変換器

###### 低速型

コード変換器の試作 1 号機は 図 4-1 に示す構成をもち写真 4-1 にその外観を示す。

入力データはデジタル記録装置で測得された現地波浪観測値、純 2 進 8 桁コードで、これをワイヤブラシ方

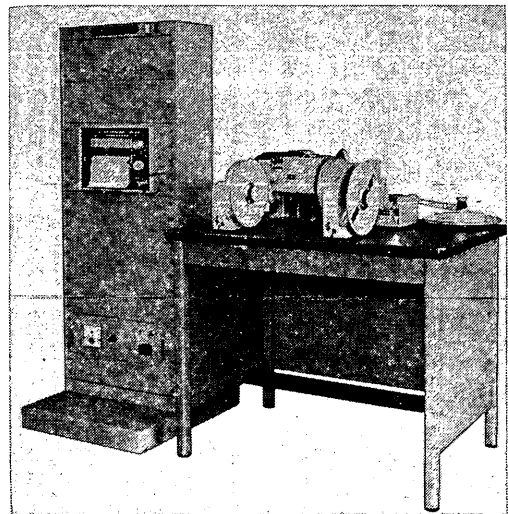


写真 4-1  $P_i-P_i$  コード変換器 (低速型) 外観

波浪データの集中処理方式について

式の紙テープ読取器で読み取りフレクソコードに変換する。1データは符号、100位、10位、1位、キャリッジリターン符号（以下CRとする）の5キャラクターで構成される。観測時間毎の区切りは Stop コード、CR コードの後に無動作紙テープフィード記号（6.7.8 ビッドさん孔）が原データのオールマークの数だけ入る。変換の速度はコード変換後の紙テープさん孔機のさん孔速度により規定され最高 0.25秒/データである。

このコード変換器で作成される紙テープデータは1観測時間について 30,000 キャラクター（量子化時間間隔 0.2 秒、観測時間 20 分間の場合）となり紙テープの長さにして約 75 m である。 $P_i-P_i$  コード変換器の入出力コードを図 4-2 に示す。

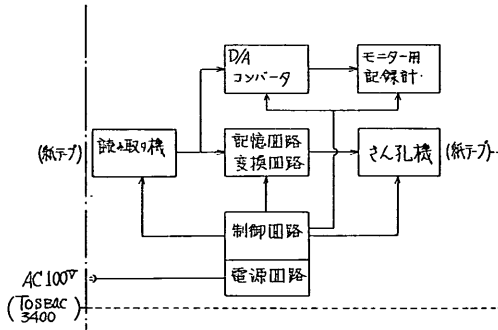


図 4-1  $P_i-P_i$  コード変換器構成図

また、このコード変換器は現地デジタルデータの内容を再現波形として直接観察できるようにデジタルデータを読み取り D-A 変換をしてモニター用のアナログ記録計に波形を描かせる機能を有している。

この変換器は当初はデジタルデータの演算精度検討用のデータを作成することに使用されたが、現在の集中処理システムにおいては、現地データのチェック、不良データの修正用のモニター記録計として使用されている。

$P_i-P_i$  コード変換器の機能、性能を表 4-1 にとりまとめた。（昭和40年度製作）

表 4-1  $P_i-P_i$  コード変換器(低速型)機能、性能表

入力コード	純2進8桁さん孔テープ
出力コード	フレクソコード
変換速度	0.25秒、0.5秒/1データ
モニター記録計	電位差計型トランジスタ自動平衡型記録計
モニター用 D-A 変換	直線誤差 1%以内
使用電源	AC 100V ± 10V 50Hz
消費電力	600W 以下

高速型

構成は低速型と全く同じで図 4-1 のとおりであるが低速型との相異は、さん孔機として、さん孔速度120字/秒の性能をもつものを使用していることと出力コードの形式として符号（正、負）を取り除いているためコード変換の速度が 0.04 秒/1データおよび 0.1 秒/1データとなり低速型の約 6 倍に強化されている点である。

$P_i-P_i$  コード変換器の出力紙テープを用いることにより、デジタル計算機を用いて、種々の波浪特性値の算出、データ処理精度の検討が比較的簡単に可能となった。しかしながら多数点の観測データを集中処理するためには、紙テープデータを計算機の入力とする場合、1回の観測データの入力に約30秒（光電式紙テープ読み取り器、1,000字/秒）かかり、変換されたデータの量も尨大で、1ヶ月分1港分のデータが紙テープ約90巻（1巻約 275m）になり取り扱い上非常に煩雑となり、その変換速度も時代の要請を満足し得ぬことが明らかとなったため、集中処理システムを実用化するためには、後述の  $P_i-M_i$  コード変換器の開発が必要となった。

集中処理システムにおいてはこの高速型コード変換器を、現地デジタル記録のチェックおよび長周期波デー

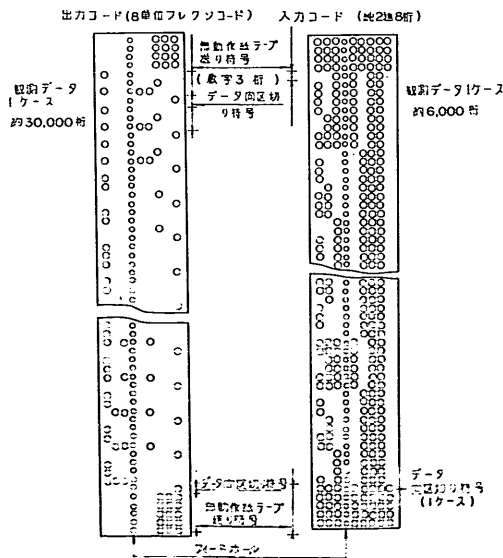


図 4-2  $P_i-P_i$  コード変換器の入出力コード

タの時間軸の変換等にモニター用として活用されている。

高速型の主要性能、機能を表 4-2 に外観を写真 4-2 に示す。(昭和41年度製作)

表 4-2  $P_i-M_i$  コード変換器(高速型)機能、性能表

入力コード	純2進8桁さん孔テープ
出力コード	フレクソコード
変換速度	0.04秒, 0.1秒/1データ
モニター記録計	自動平衡型記録計
モニター用 D-A 変換	直線誤差 1%以内
使用電源	AC 100V ± 10V, 50Hz
消費電力	460W

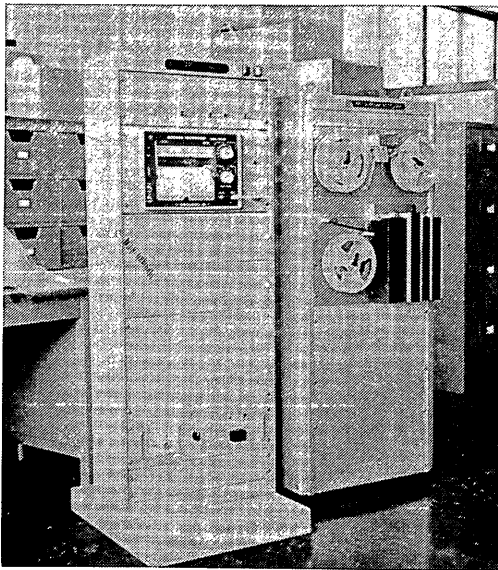


写真 4-2  $P_i-M_i$  コード変換器(高速型)外観

#### 4-2 $P_i-M_i$ コード変換器

昭和 42 年度に、集中処理システムを実用化し、その用活を業務化する目的で、紙テープデータを符号変換後磁気テープに収録する  $P_i-M_i$  コード変換器を完成した。

この装置は紙テープ読取装置、データ変換装置、磁気テープ記憶装置、デジタルプリンタおよび自動平衡型記録計とから構成される。

機能を大別すると2つに分けられ、1つは計算機入力データの作成、他は入力データの内容をアナログ記録計で更生する機能である。

図 4-3 は  $P_i-M_i$  コード変換器のブロックダイヤグラムである。紙テープ読取装置と記憶ユニットは2ケつ備なわっている。

現地波浪のデジタルデータを符号変換後磁気テープに転送する場合には次のような順序で変換、データ転送が実行される。

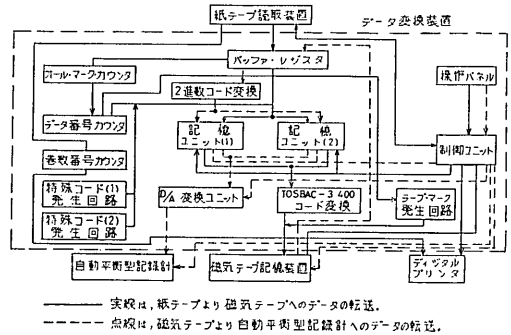


図 4-3  $P_i-M_i$  コード変換器構成図

紙テープ読取装置により読み出された情報は一度バッファ・レジスタに入る。この情報がオールマークの場合にはオール・マーク・カウンタで計数し連続して5桁検出すると、データ番号カウンタを一つ進め同時にデータ番号カウンタの内容を10進表示管により表示する。

バッファ・レジスタに入った情報がデータである場合にはデータをデータ番号と共に次のように記憶ユニットに書き込む。

記憶ユニットはデータ番号(1語)を1番地に書き込んだ後に、128語になるまでデータを書き込み、128語になると自動的に記憶ユニットは一方から他方に切り、データ番号およびデータを128語になるまで書き込む。

記憶ユニットが128語に満たないでデータの書き込みが終了した場合には、特殊コード(1)発生回路から特殊コード(1)(実際には511)を128語になるまで書き込む。記憶ユニットが128語になると記憶ユニットに書き込まれたデータ番号、データおよび特殊コードをTOSBAC-3400コードにコード変換し、磁気テープ記憶装置に転送し記録する。

データ番号カウンタが1つ進むたびにテープ・マーク発生回路によりテープ・マークを磁気テープに転送し記録し、同時にデジタルプリンタで巻数番号、データ番号および操作パネル上のデジタルスイッチで設定した2組の英文字(A~J)を印字する。巻数番号は紙テ



ブ読取装置の紙テープ読取機が1から2または2から1に切換えるたびに1つつ進む巻数番号カウンタの内容である。

特殊コード(2)(実際には1,023)は読み取り中の紙テープが切断したり、データ変換装置の操作パネルのSTOPスイッチを押したりしてデータの転送が停止した場合、記憶ユニットが語に満たないで終了している場合書き込まれる。

磁気テープの内容を自動平衡型記録計へデータ転送する場合には図4-3の点線で示される順序で次のように実行される。

磁気テープ記憶装置より読み出された情報は、データ変換装置のバッファレジスタに入り、2進数にコード変換され、記憶ユニットに書き込まれる。情報が128倍書き込まれると、記憶ユニット(1)は自動的に一方から他方に切り、引続き情報を書き込む。記憶ユニット(1)に書き込まれた情報は、操作パネル上のデジタル・スイッチで設定されたデータ番号と記憶ユニットに書き込まれているデータ番号が一致すると記憶ユニット(1)より0.2 $\mu$ sec間隔で読み出され、D/A変換されたアナログ信号が自動平衡型記録計に転送され、記録される。

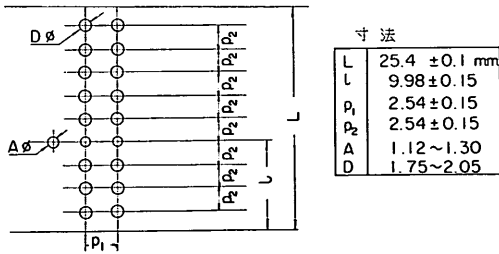


図 4-4 紙テープさん孔規格



写真 4-3 P<sub>1</sub>-M<sub>1</sub> コード変換装置外観

表 4-3 P<sub>1</sub>-M<sub>1</sub> コード変換装置機能および使用条件

(1) 紙テープ読取装置

紙テープ読取機

読取方式	光電式
読取速度	500字/秒
単位数	8単位

紙テープ繰出, 巻取機

繰出速度	500字/秒
テープの長さ	1巻(約275m)
単位数	8単位
巻取速度	1,500字/秒

(2) データ変換装置

記憶ユニット

記憶容量	128語, 12ビット/語
メモリ・サイクル	10 $\mu$ sec

D/A変換ユニット

入力信号	2進コード, 9ビット並列
変換速度	20 $\mu$ sec
精度	0.5%

(3) 磁気テープ記憶装置

制御方式 真空式シングル・キャプスタン方式

テープの長さ	2,400フィート(最長)
テープの幅	1/2インチ
記録速度	800ビット/秒
転送速度	28.8KC
トラック数	7トラック

(4) デジタルプリンタ

桁数	14桁/行
印字速度	最大5行/秒
印字種類	英数字

(5) 自動平衡型記録計

入力電圧	10mV~50V
記録紙速度	6~300mm/分
ペン速度	0.4秒/フルスパン
精度	±0.5%

(6) 使用条件

場所	屋内
温度	23°C ± 5°C
湿度	40~70%
使用電源	AC 100V ± 5%, 50Hz
電源容量	約7kVA

この装置への紙テープデータのさん孔規格は電子計算機入力用紙テープさん孔規格と同じで図4-4のように規定されている。フォトリダの特性は、市販品のいずれの色の紙テープを使用しても性能に変化はないように設定されている。

本装置の外観を写真4-3に、機能および使用条件を表4-3に示す。

この変換装置は0.5秒のサンプリング時間間隔で得ら

れる一測点の20分間の紙テープデータ1カ月分(360ケース)を約1時間で変換し磁気テープに収録することが出来る。

変換後の磁テープデータの型式を図4-5に示す。1語の構成は図4-6のように2キャラクターで1語が構成される。記憶ユニットからの読み出しが正しい場合にはキャラクター2の第6ビットの\*印に0が附加され、誤りの場合には1が附加され電算機での読み出しの際にチェッ

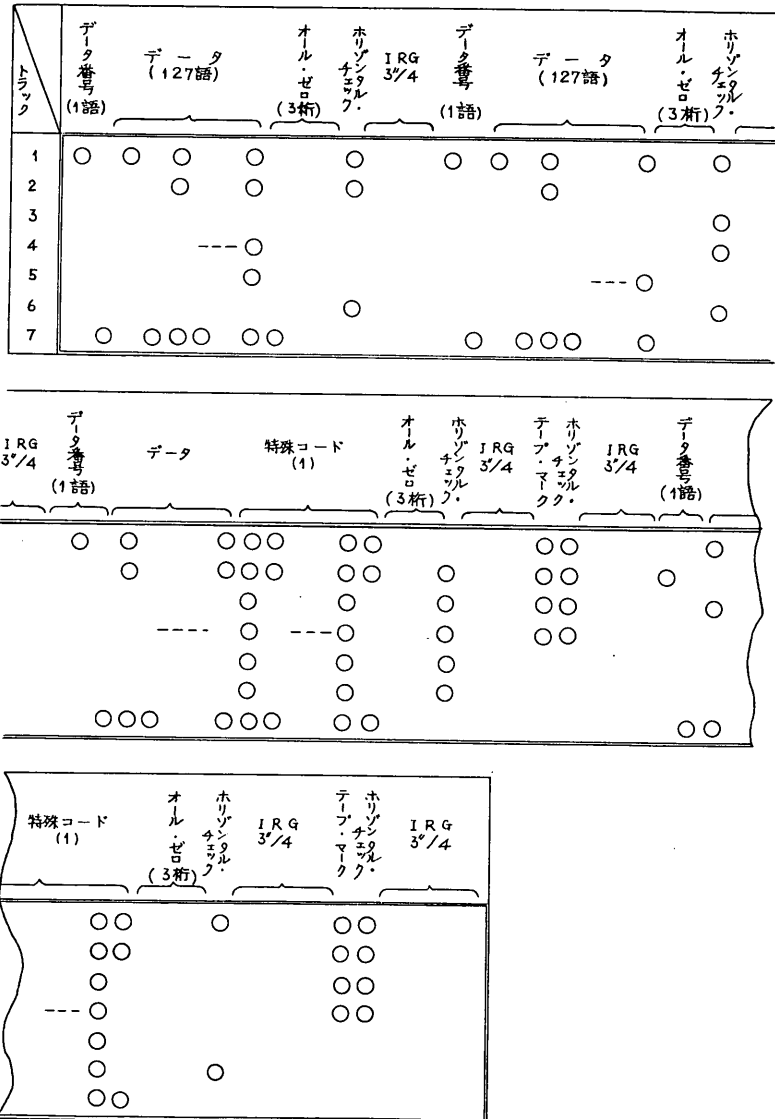


図 4-5 磁気テープに書き込まれたデータの書式

トラック	キヤラクタ 2	キヤラクタ 1
1	26	20
2	27	21
3	28	22
4	29	23
5		24
6	*	25
7	P	P

P: パリティ・ビット

\*: 記憶ユニットからの読み出しが

正しい場合 0

誤りの場合 1

図 4-6 磁気テープに書き込まれた1データの構成

クする。

#### 4-3 特殊コードパンチャー

昭和43年度には、 $P_i-M_i$  コード変換器を用いた、集中処理システムの試用実験を、鹿児島港、神戸港、港研アシカ島、田子の浦港等のデジタル記録を用いて実施した。この運用実験の際に現地デジタル記録のパンチミス等を修正する必要が生じた。この種のパンチミスの大部分は後述する処理プログラムにより処理され修正されるが、紙テープの一部が損傷しているような場合には、その部分を新しい紙テープを用いて作成しなければならない。しかしながら現地デジタルテープの使用コードはパリティなしの純2進8桁コードであるため、電子計算機附属の紙テープさん孔機ではさん孔不能の数も含まれ(二度打ち、三度打ちで作成することは可能である)、複製も不可能でありデータの処理上、現地デジタル記録のコードをパンチしたり、複製できる紙テープパンチャーの必要性が生じた。

上述の理由により昭和44年度に次のような機能をもつ特殊コードパンチャーを製作し、集中処理システム運用上の問題の1つを解決した。

この装置はタイプライターと低速紙テープ読み取り機、さん孔機を組み合わせたもので0~250までの数字をタイプライターで打つことにより、純2進8桁コードに変換され紙テープに1桁に変換された数値がさん孔される。

紙テープリーダーはワイヤーブラシタイプであり紙テープさん孔器の最大さん孔速度は850字/分である。

251以上の数や、規定の桁数以外の数がタイプ入力された場合にはエラー表示ランプが点灯し、さん孔は強制的に中止される。またデータ複製の際はリーダーの読み

取り値とさん孔器のさん孔値をつき合わせチェックし不良データをパンチした場合には連続さん孔は中止される。

前述のとおり、この装置は現地デジタルデータの複製、ミスパンチの修正、損傷した紙テープの再生に使用される他、 $P_i-P_i$ コード変換器のアナログモニター記録計によるアナログ記録の較正用データの作成等に活用されている。写真4-4は特殊コードパンチャーの外観である。

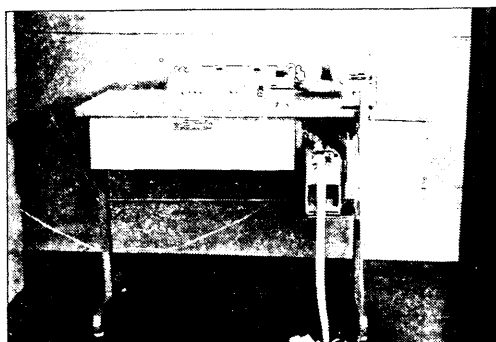


写真 4-4 特殊コードパンチャー外観

## 5. デジタルデータ処理

この章では、現地デジタル記録装置で記録された波浪のデジタル記録がこの集中処理系でどのように処理されるか、その能力、精度について述べる。

### 5-1 データの流れ

現地波浪デジタルデータを2-2-1でのべた平均波法により処理する場合の実際の手続きは次のとおりである。

#### イ) データの確認

現地波浪データは約1ヶ月毎に取りまとめられ、アナログモニター記録(従来のアナログ記録)等のデータ処理に必要な付属データとともに港湾技術研究所に送付される。

デジタルデータは記録の終端が外側になって巻き取られているためこれを巻もどし、一巻の紙テープに収録されているデータの数(観測回数)、および紙テープさん孔間隔の確認を行ない、紙テープの損傷度が大きく、コード変換器でデータ変換の不可能なものについてはこの段階で補修し、不良データは取り除く。さらに一部は $P_i-P_i$ コード変換器を用いてアナログ記録として再現し記録の良、不良を調べる。平均波法による波浪データ処

理に必要な定数を確認する。

ロ) 電算機用コントロールカードの作成

イ) で良データとされたデジタルデータについて電算機で演算する際のコントロールカードをパンチするためのデータシートを作成した後、必要な定数をカードにパンチする。必要な常数を図 5-1 に示す。

現地波浪デジタルデータにはデータ間区切符号のみが特殊コードとしてさん孔され各観測時間のデータの区切を示すようになってはいるが、データの種類、データ番号、観測地点名、日時、波高計の増幅率、潮位等の、平均波法による解析に必要なデータは何も記録されていない。このため、電算機処理に必要なデータはコントロールカードにより波浪データとは別に入力しなければならない。

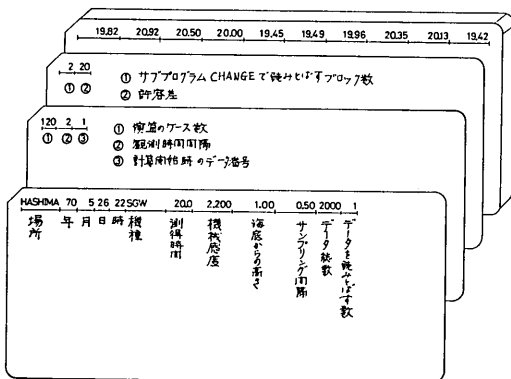


図 5-1 平均波法の演算に必要なデータ

ハ) コード変換 (磁気テープへのデータの記憶)

イ) で良と認められたデジタルデータは前述の  $P_i-M_i$  コード変換器により、観測日時の順に変換され、磁気テープ上に書き込まれる。この変換時に各観測時刻の波浪データに 1~999 までのデータ番号が割り当てられ、電算機で処理する際に活用されている。

二) 電算機による演算

$P_i-M_i$  コード変換器でコード変換された磁気テープデータとコントロールカードを用いて、2章2節の演算を行なうわけであるが、磁気テープに記録されているデータが特殊コードであること、 $P_i-M_i$  コード変換器の読み取りミス、磁気テープへの書き込みミスを検出する必要があること、原データにノイズによる不良データが存在するかもしれないことなどの理由により、最初にサブルーチン形式のプログラムで磁気テープデータの符号変換、データチェック、データの修正を行ない結果を磁気

テープまたはディスクに記憶する。 $P_i-M_i$  コード変換器の誤動作は図 4-6 の \* の部分に書き込まれた 1 を検出することにより確認される。原データに記録されているスパイク状ノイズは次の手順で除去または修正される。

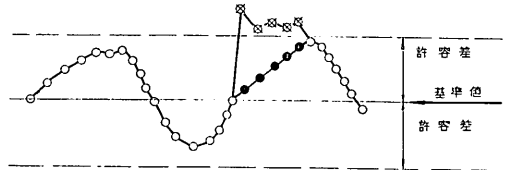


図 5-2 現地データの修正説明図

個々のデータについては最初のデータを基準値として次のデータと比較し、この差が与えられた範囲(許容差)内である場合には有効データとみなして登録し、こんどは新しく登録されたデータを基準値としてさらに次のデータと比較する。この操作をくり返すわけであるが、もし与えられた範囲以上の差が検出されたときは基準値を固定して、範囲内のデータが出てくるまで探していく。10個以内に範囲内のデータが見つからない場合には不良データとしてデータ列から取除き、必要な情報を行印字機に出力する。10個以内に見つかった場合にはその間のデータは直線近似により図 5-2 のように修正される。すなわち実際には⊗印の位置にあるデータが修正されて●印のデータに置き換えられる。この修正に使用される許容差は量子化時間間隔  $\Delta t$  と波の周期、および波高の関係により設定する。修正されたデータの個数、修正箇所の頻度等は図 5-3 のように印字される。図 5-3 で上欄の数字が修正されたデータの個数をあらわす。

$P_i-M_i$  コード変換の際のミスデータもこの手順で修正処理されるので平均波処理上は大きな誤差とはならないが、連続データを要求されるスペクトル計算においては 10 ケ程度以上のミスデータ、不良データが一波形記録に 1 カ所でも検出された場合には演算は無意味になる。

以上のデータ修正、チェックが終了すると必要なケース数だけ平均波法による演算が行なわれ、結果は行印字機により表 5-1 のように表示されると同時に別の磁気テープに保存される。

表 5-1 で……の部分、記録波形の振幅が小さいため最高波周期の算定値が、極わめて小さく、平均波の周期が大きく算出されているような場合で、正常なデータとはみとめられないことを示す。主プログラムがスペクトル計算プログラムの場合には、結果は表 5-2 のように印

波浪データの集中処理方式について

YOMIJI-SP		KYOSA										TOTAL	ERROR	COUNT
2		20												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
CASE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CASE	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

図 5-3 修正されたデータ数，修正箇所の頻度表示例

字される。

平均波法の演算結果は観測所毎に編集され、観測場所、観測日時、波高計機種を指標として必要なデータを取り出すことができるので、統計解析等は容易に行なうことができる。

平均波浪による演算処理のフローチャートを図 5-4 に示す。

5-2 データ処理精度

データ処理過程における介入誤差は、必然誤差と偶発誤差に分類することができる。

必然誤差は、測定原理および現象の表現手法に対する定義づけ、データ取得方式とも関連して生ずるもので、現在の波浪データ処理方法におけるその代表的なものとして次の事項があげられる。

- イ) 量子化誤差
- ロ) 測定データの読み取り、演算の作業に使用する機器の精度
- ハ) 水圧式波高計による測定記録（水圧波形）を表面波形に換算する手続き
- ニ) 平均波法処理における波の周期の読み取り方法

表 5-1 平均波法による計算結果例

HASHIMA SEN 20.00IN SE 2,200 DE 0.50 RE 1.00 N=2000											
DATE	DEPTH(h)	WH	UH	TM	H1/3	T1/3	H1/10	T1/10	U <sub>MAX</sub>	T <sub>MAX</sub>	
70 5 26 22	19.82	122	0.34	7.6	0.58	7.2	0.79	7.3	1.04	7.0	
70 5 27 0	20.92	127	0.35	7.7	0.65	7.2	0.78	7.5	0.92	8.0	
70 5 27 2	20.93	116	0.29	8.3	0.59	7.6	0.79	7.5	1.10	7.5	
70 5 27 4	20.00	121	0.20	8.1	0.50	7.8	0.71	7.8	1.07	7.5	
70 5 27 6	19.48	115	0.30	8.5	0.59	8.7	0.84	8.3	1.25	7.5	
70 5 27 8	19.49	111	0.54	8.8	0.86	8.9	1.09	8.8	1.72	8.0	
70 5 27 10	19.94	105	0.53	9.2	0.93	8.6	1.13	8.6	1.35	7.0	
70 5 27 12	20.35	115	0.48	8.5	0.91	8.4	1.50	8.4	2.74	8.0	
70 5 27 14	20.13	114	0.53	8.6	0.96	8.3	1.27	8.3	1.95	7.5	
70 5 27 16	19.49	117	0.63	8.3	1.09	8.2	1.43	8.4	2.26	8.5	
70 5 27 18	18.76	120	0.74	8.2	1.27	8.1	1.75	8.0	2.81	7.9	
70 5 27 20	18.72	120	0.61	8.2	1.03	7.9	1.33	7.8	1.54	8.0	
70 5 27 22	19.38	119	0.58	8.1	0.98	7.9	1.38	7.9	1.71	8.5	
70 5 28 0	20.49	123	0.38	7.9	0.61	8.0	0.89	7.7	1.18	7.5	
70 5 28 2	20.47	121	0.28	8.1	0.82	7.7	0.72	7.5	0.88	7.5	
70 5 28 4	20.19	121	0.22	7.9	0.41	7.7	0.60	7.5	0.95	7.0	
70 5 28 6	18.60	128	0.28	7.7	0.45	7.6	0.55	7.6	0.77	7.0	
70 5 28 8	19.23	134	0.30	7.2	0.48	7.2	0.70	7.2	0.89	7.5	
70 5 28 10	19.43	113	0.21	8.1	0.41	7.1	0.54	7.0	0.91	6.5	
70 5 28 12	20.01	104	0.12	9.2	0.33	6.9	0.40	6.9	0.53	6.5	
70 5 28 14	20.19	--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
70 5 28 16	19.85	--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
70 5 28 18	19.13	--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
70 5 28 20	18.72	107	0.11	8.2	0.15	9.2	0.30	6.7	0.38	6.5	

偶発誤差の主なものとしては、手作業によりデータ処理を行なう場合の誤読、誤記、誤算、使用機器の誤動作等が考えられるが、デジタルデータ処理の場合には、現地デジタルデータの確認、コントロールデータの作成時に介入するもので、自動的に行なわれる機械化作業の段階ではほとんど問題にならないと考えられる。ここでは、上記必然誤差について検討するとともに、人為的作業過程の偶発誤差についてデジタルデータ処理と対比しながら考える。

### 5-2-1 量子化誤差

デジタル記録により演算処理を行なう場合には一般に量子化の際に量子化誤差が介入する。量子化による演算処理の精度は演算処理の種類により異なる。ランダ

ムな波形のスペクトル解析による誤差は量子化レベルおよび量子化時間間隔により一意的に決まるが、平均波法による場合にはどの程度に見積らねばならないだろうか。

一般には量子化レベル、量子化時間間隔、測定される波高、周期の絶対値により規定される。2-2 の計算方法に従う場合には、演算処理の精度はデジタル記録からの波形の読み取り時に決定されるといって良からう。量子化に要する時間の安定度はかなり大きな要素となるが、この処理系の A-D 変換方式は電子式逐次比較型あり変換速度は現象の変動に比較して十分短いのでこれは無視して考える。

一連の記録の中の一つの波およびその波高と周期が前

波浪データの集中処理方式について

表 5-2 スペクトル計算結果例

45 1 31 10 19.06 2.00 24.0000					
TAG0					
	FREQUENCY	PERIOD	AUTO-CORRELATION	ENERGY DENSITY (P)	ENERGY DENSITY (S)
1	0.0068333	120.00	1.00000	0.60109E 03	0.60109E 03
2	0.0166667	60.00	0.16481	0.10529E 04	0.10529E 04
3	0.0250000	40.00	-0.33815	0.16373E 04	0.14933E 04
4	0.0333333	30.00	-0.55837	0.62544E 03	0.17179E 04
5	0.0416667	24.00	+0.49968	0.25964E 03	0.68251E 03
6	0.0500000	20.00	+0.27037	0.61757E 02	0.29598E 03
7	0.0583333	17.14	0.02469	0.24331E 03	0.75129E 02
8	0.0666667	15.00	0.29587	0.19485E 04	0.31870E 03
9	0.0750000	13.33	0.46138	0.55151E 04	0.28368E 04
10	0.0833333	12.00	0.45333	0.12484E 05	0.13478E 05
11	0.0916667	10.91	-0.27462	0.93374E 04	0.22225E 05
12	0.1000000	10.00	0.02444	0.56561E 04	0.14982E 05
13	0.1083333	9.23	-0.20496	0.38104E 04	0.13426E 05
14	0.1166667	8.57	-0.33692	0.23004E 04	0.10898E 05
15	0.1250000	8.00	-0.54946	0.18610E 04	0.82041E 04
16	0.1333333	7.50	-0.27419	0.16054E 04	0.25919E 04
17	0.1416667	7.06	-0.13676	0.10779E 04	0.87645E 04
18	0.1500000	6.67	0.02693	0.93031E 03	0.77250E 04
19	0.1583333	6.32	0.16242	0.11707E 04	0.90958E 04
20	0.1666667	6.00	0.21981	0.11707E 04	0.15767E 05
21	0.1750000	5.71	0.18260	0.90779E 03	0.17544E 05
22	0.1833333	5.45	0.07134	0.60929E 03	0.17373E 05
23	0.1916667	5.22	-0.05453	0.41999E 03	0.11429E 05
24	0.2000000	5.00	-0.16457	0.25484E 03	0.17216E 05
25	0.2083333	4.80	-0.12400	0.18552E 03	0.20058E 05
26	0.2166667	4.62	-0.21001	0.11441E 03	0.20278E 05
27	0.2250000	4.44	-0.17363	0.12584E 03	0.37404E 05
28	0.2333333	4.29	-0.08336	0.79264E 02	0.40367E 05
29	0.2416667	4.14	-0.03837	0.54777E 02	0.48790E 05
30	0.2500000	4.00	0.03837	0.43383E 02	0.68941E 05
31	0.2583333	3.97	0.14518	0.54350E 02	0.15711E 06
32	0.2666667	3.87	0.22925	0.54350E 02	0.22770E 06
33	0.2750000	3.75	0.18717	0.42837E 02	0.59544E 06
34	0.2833333	3.64	0.07147	0.54877E 02	0.98249E 06
35	0.2916667	3.53	-0.06929	0.50458E 02	0.98249E 06
36	0.3000000	3.43	-0.06929	0.43408E 02	0.16563E 07
37	0.3083333	3.33	-0.16783	0.20419E 02	0.15546E 07
38	0.3166667	3.24	-0.18605	0.27607E 02	0.42705E 07
39	0.3250000	3.16	-0.13412	0.23066E 02	0.73800E 07
40	0.3333333	3.08	-0.03912	0.32249E 02	0.21721E 08
41	0.3416667	3.08	0.15999	0.38689E 02	0.56876E 08
42	0.3500000	3.00	0.15925	0.49623E 02	0.19640E 09
43	0.3583333	2.93	0.27635	0.27513E 02	0.19539E 09
44	0.3666667	2.86	0.19900	0.37079E 02	0.64344E 09
45	0.3750000	2.79	0.09519	0.39486E 02	0.14344E 10
46	0.3833333	2.73	-0.04448	0.40371E 02	0.34349E 10
47	0.3916667	2.67	-0.14065	0.29714E 02	0.60475E 10
48	0.4000000	2.61	-0.15266	0.40027E 02	0.10545E 11
49	0.4083333	2.55	-0.09722	0.44609E 02	0.51863E 11
50	0.4166667	2.50	-0.01669	0.38400E 02	0.11539E 12
		2.45	0.06137	0.24087E 02	0.13667E 12
		2.40	0.12978	0.39995E 02	0.59509E 12

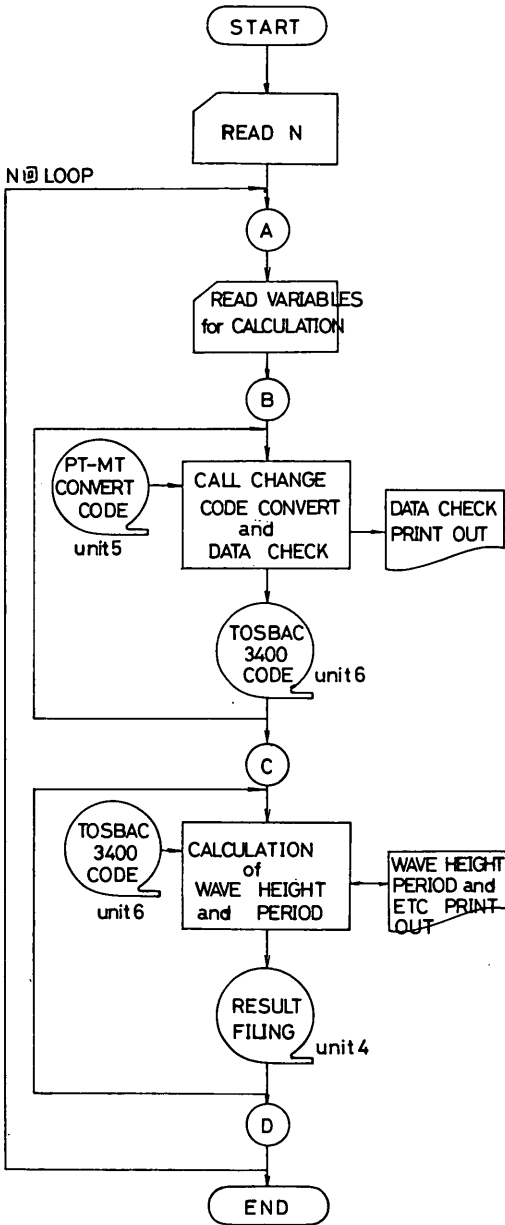
出の図 2-3 (pp. 7) のように定義されているから一つの波の波高, 周期を求める場合に, 量子化時刻が図 2-3 の  $b, d, f$  等のように, 波高, 周期を決定する点に一致していれば個々の波高の量子化による誤差は量子化レベルのみによって定まり, 周期は誤差を含まない。

いま量子化レベルを  $\Delta L$  とすれば一つの波の波高の読み取り誤差は  $+\Delta L$  と  $-\Delta L$  の範囲内にある。図 5-5 は記録紙上の 1 つの波の最高点  $b$  と量子化時間間隔, 量子化後の数値との関係を示している。アナログ記録で  $b$  点がある一定レベルから  $L$  という値であらわされているときは, 量子化後は  $i$  という値で表わされこの誤差  $D$  は

$$|D| = |L - i| \leq \frac{1}{2} \Delta L$$

である。この波の谷側でも同様のことがいえるから一つの波の読取誤差は  $+\Delta L$  と  $-\Delta L$  の間にあるといえる。いま  $N$  個の波を読み取る場合に読み取り時刻 (位置) がそれぞれの波の最高点および最低点に一致するものと考えれば上と同様に個々の波の読み取り誤差の絶対値は  $\Delta L$  より小さく一様分布と考えれば平均値は  $N$  を十分大きくとれば 0 になる。この個々の誤差の平均値は中心極限定理により, 平均値 0 のガウス分布をする。したがって  $N$  が十分大きくければ誤差は 0 となり, 通常の波浪観測データ処理の場合も  $\Delta t$  が適当であれば, 個々の読み取り波高を平均して求められる平均波, 有義波等の読み取り誤差は極わめて小さいと考えて良い。

量子化時刻が個々の波の最高点または最低点に一致しない場合を考える。平均周期は, 量子化時間間隔  $\Delta t$  が,



注) 観測場所機種が異なったり欠測がある場合は ④~⑩ の繰り返し回数を指定することにより連続的に演算可能

図 5-4 平均波法による演算処理フローチャート

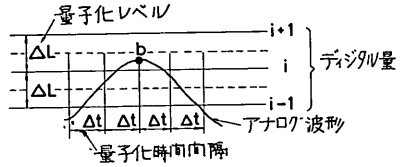


図 5-5 量子化誤差説明図, 量子化時間が波のピークに一致する場合

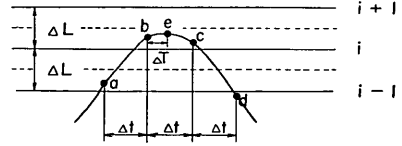


図 5-6 量子化誤差説明図, 一般の場合

アナログ記録上で2-2で定義される個々の波の平均線の上に上に向かって横切る点または、下に向かって横切る点と次に上に向かって横切る点の時の時間間隔のうち最小の時間より小さい場合には誤差なく求められる。この場には周期がゼロ・アップ・クロス周期と同様に定義されるためである。しかし  $\Delta t$  があまり大きくなると波数が変わり多少の誤差が生ずる。一般には有義波、1/10 最大波の周期の場合個々の周期の読み取り値の量子化による誤差は  $|2\Delta t|$  より小さくなる。この誤差の平均値もガウスの分布をするものと考えて良いから波の数が増えれば0に近づく。

量子化レベルをも考慮して、波高の読み取り時の量子化誤差を検討する。

図5-6のように1つの波の最高点を  $e$  とし、その前後の時刻  $b, c$  において量子化される場合、周期の量子化による誤差の絶対値は  $2\Delta t$  以下であり、波高のそれは  $\Delta L$  以下であるが、量子化時間間隔が3倍になったとすると  $a$  点がこの波の最高点と判定されることがあるので波高の量子化誤差の絶対値は  $\Delta L$  より大きくなる。このような場合には、解析の対象となる記録波形の周期と  $\Delta t$  の関係により量子化誤差が変動する。 $\Delta t$  が一定であれば、波形の周期が小さいほど誤差は大きくなるであろう。

いま振幅  $a$ 、周期が  $T$  秒の正弦波を考えこれを  $\eta_t$  とする。

$$\eta_t = a \sin \omega t \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

区間  $[0, T]$  の間での  $\eta_t$  の最高点すなわち  $t + \frac{T}{4}$  の近傍で  $\Delta t$  時間前および  $\Delta t$  時間後の  $\eta_t$  の値は



$$\eta_{T/A-dt} = \eta_{T/A+dt} = a \sin\left(\frac{T}{4} + dt\right)$$

であるので、 $dt$  と  $T$  の変化による量子化誤差  $\frac{\eta_{T/A \pm dt}}{a}$  をある一定値以下におさえることが出来る。換言すればある一定の周期の波に対して波高の量子化誤差を一定値以下にする最少の  $dt$  を求めることが可能である。例えば  $dt = \frac{T}{n}$  とし  $n$  が種々の値をとる場合  $\frac{\eta_{T/A \pm dt}}{a}$  は表 5-3 のようになる。この  $\frac{\eta_{T/A \pm dt}}{a}$  を波高が  $H$  の波を量子化レベル  $\Delta L$  で量子化した場合の誤差  $\frac{\Delta L}{H}$  に相当するものと考えることにより、周期および波高が与えられ  $\Delta L$  が一定の場合に、量子誤差を最大  $\Delta L$  誤差にする  $dt$  の最大値が求められる。

表 5-3  $dt$  の変化による相対誤差

$\eta_{T/A \pm dt}/a$	$dt = \frac{T}{n}$ としたとき $n$
0.001	141.2
0.002	99.5
0.005	62.8
0.01	44.4
0.02	31.4
0.05	19.8
0.10	13.9
0.20	9.7

我々の処理系では  $\Delta L$  はフルスケールの 1/250 としており、これは従来の標準記録計（自動平衡型記録計、最大振幅 150mm）の記録上 0.6mm に相当する。いま一連の記録波形の平均波高  $H$  が 40mm、平均周期が 10秒の場合には

$$\frac{\Delta L}{H} = \frac{0.6}{40} = 0.015$$

となり表 5-3 で  $n=40$  程度にとった場合の  $\frac{\eta_{T/A \pm dt}}{a}$  に相当する。これは  $n=40$  程度にとれば波高の読み取り誤差が  $\Delta L$  以下であることを意味する。したがって最大の  $dt$  として、

$$dt = \frac{T}{40} = 0.25 \text{ 秒}$$

程度を考えれば良く、また平均波法の処理においては波のスティープネスが大きいほど、また、スティープネス

が同じ場合には周期の小さいものほど  $dt$  を小さくとらなければならないことがわかる。

一般のアナログ測定量を量子化する場合には、現象の変化の最小周期 1/2 の以下の量子化時間間隔でとれば原波形を再現できるとしているが、波形を読み取るような処理の場合にはこれが適用出来ないことがわかる。

読み取られる波高として平均波高を用い、周期を平均周期であらわした場合に、これらの値から  $dt$  の最大値を求める図が図 5-7 である。

デジタル記録の平均波高が 30 dig. 周期が 6 秒の場合には  $dt$  の最大値は 0.25 秒と求められる。

この図から求められる  $dt$  を量子化時間間隔として、量子化された一連のデジタル記録波形から平均波法により波浪特性値を求めれば、個々の波の量子化誤差はデジタル目盛の 1 目盛以下となり、周期のそれは  $2dt$  以下となる。これらの誤差の平均値はガウスの分布を考えると良いので、数多くのデータを処理した場合には、誤差は非常に小さな量となる。

現地波浪観測記録は不規則な波形をしており、波高も周期も不規則に出現する。したがって正弦波を仮定した図 5-7 から求められる  $dt$  を採用して量子化した場合には、上で評価された誤差とは異なる傾向を示すことも考えられる。

そこで我々の処理系でとり得る  $dt$  の最小値 0.2 秒で測得されたデジタル記録について 2-2 の方法で波浪特性値を求め、 $dt$  の値を大きくとった場合に得られる特性値との相対誤差を求めたものが、図 5-8 である。

平均波、有義波、1/10 最大波について  $dt$  を 0.2 秒、0.4 秒……2.0 秒まで変化させて  $dt=0.2$  秒に対する値との相対誤差をプロットしたものである。

一般的傾向としては、周期の場合も波高の場合も量子化時間間隔が大きくなるに従い相対誤差は増大する。相対誤差は平均波、有義最大波、1/10 最大波の順で大きくなる。これは平均波においては波数が約 110~120 波であるのに、対し有義波ではその 1/3、1/10 最大波では 1/10 と小さくなっていることも一因であろう。また波高について振幅が大きいほど相対誤差は小さくなる。これらの点については前掲した図 5-7 から明らかなことである。しかしながら誤差の絶対値についてみると予想した最大誤差に比較して極めて小さくことがわかる。

以上の結論として、観測およびデータ整理を簡易にするため  $dt$  を大きくとりなお同じ精度を期待しようとするれば、振幅の大きい入力波形が必要であり、我々がこの

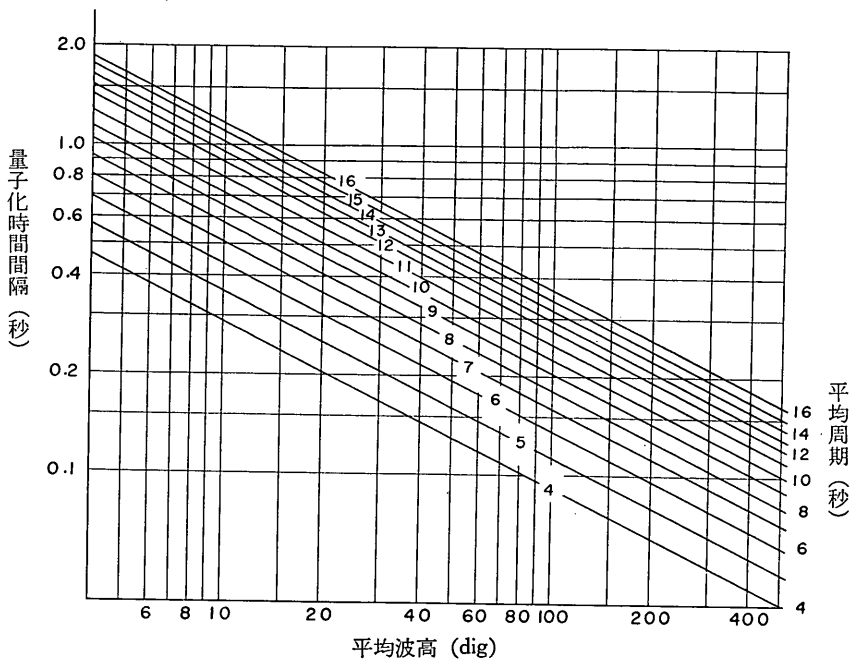


図 5-7 デジタル記録の平均波高, 平均周期から最大の量子化時間間隔  $\Delta t$  を求める図

システムで使用する, フルスケール 250 分割のデジタル記録により有義波を算定する場合には, 波高が 50 dig 以上であれば  $\Delta t$  は 1 秒程度であっても量子化誤差はほとんど無視し得る。また  $\Delta t$  が 0.5 秒の場合には波高が 30 dig 以上あることが望ましい。

### 5-2-2 水圧波形から表面波形を求める手続きで介入する誤差

近年, 超音波式波高計をはじめとして, 表面波形を直接観測する方法が普及しつつあるが, わが国の波浪観測施設の多くは水圧式波高計を備えている。

水圧波形から表面波形を求める手続きとしては, 一般に式 2-1 が用いられている。(pp. 7 参照)

この式により表面波高を求める場合, 波高計受感部に作用した加圧力と機器の感度によって求められる水中圧力波高と波の周期以外は直接実測値ではない。すなわち, 通常データ整理にあたっては海水の単位体積重量  $W$  は 1.03 という常数が用いられ, 設置点水深  $h$  および機深  $R$  は波高計設置時の測定によって基準面からの関係が決定される。また波高補正係数  $n$  は経験的に単純な常数 1.35 を用いている。

いま,  $n$  を常数とし, 機深を 0 (海底に設置) として,

$W=1.03+0.001\sim-0.005$ , 海底面の変動を  $\pm 0.6\text{m}$ , 検潮所と測定点の水位差を基準面  $+0.1\text{m}\sim-0.5\text{m}$  (したがって検潮所を基準とした測定点の不測の変動分は  $+0.7\sim-1.1\text{m}$ ) の変動があったとすると, 測定点の水深および波の周期と波高相対誤差の関係は図 5-9 のように求められる。

この誤差の支配的要素は, 水深の不測の変動によるものであり, 測定点の基準水深 10 m の場合には, 周期 5, 9, 15 秒の波の相対誤差はそれぞれ  $+10.5\sim-13.2$ ,  $+2.6\sim-3.0$ ,  $+1.1\sim-1.2\%$  となることを示している。

この誤差はデジタル記録を用いることによっても, 取り除き得ない誤差である。

### 5-2-3 波高補正係数による誤差

この問題も水圧式波高計による測得記録の整理上生ずるものである。 $n$  値については種々の条件下での現地実測値をもとに, 1.0~2.0 程度の範囲で, それぞれの観測条件によって異なる値が報告され, わが国においては汎用的な標準値として,  $n=1.35$  が多く用いられてきた。

しかしながら式 2-1 により, 水中圧力波高から表面波

波浪データの集中処理方式について

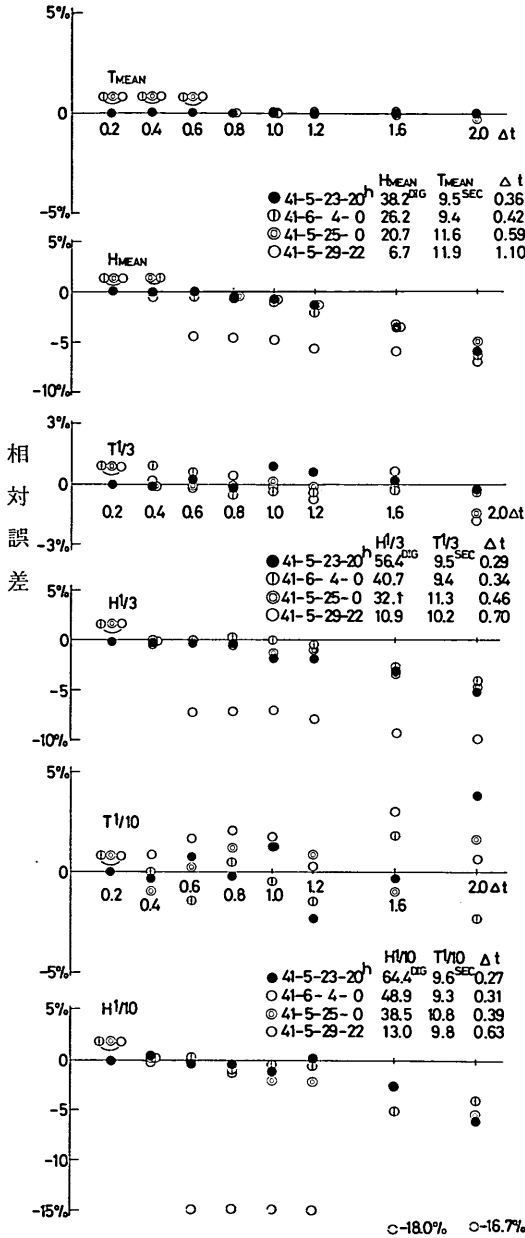


図 5-8  $\Delta t = 2$  秒のデータの演算処理結果に対する、 $\Delta t$  を増大して得られた結果の相対誤差

高を算出する場合の  $n$  値は、このような単純な一定値で表現されるべきものではなく、水深、波長、波

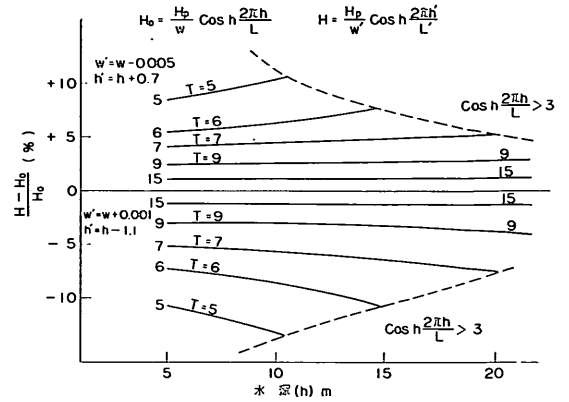


図 5-9 水圧波を表面波に換算する際の海水の単位体積重量および実水深の算定誤差が算出波高におよぼす影響

高の関数として表現されるべきものであることが、水理実験および現地実測値によって実証的に明らかにされつつある。<sup>5), 6), 7), 8), 9)</sup>

現地観測値による  $n$  値の研究は、水圧式波高計の開発当初項から行なわれてはきたが、系統的な領域、条件によって解明された例はなく、対象とする波浪の性質、測定点の立地条件、解析方法等は異なり、まだ一般的に使用し得る  $n$  値の算定方法はない。

図 5-10 に、現地実測値および実験結果を現地への適用を考慮して求め、周波数の関数として整理された  $n$  値の一例を示す。

ここに示す鹿島港における例は測定点の実水深約 12.5 m 前後 ( $R \approx 1$ m) の実測値、神戸港における例<sup>9)</sup>は、実

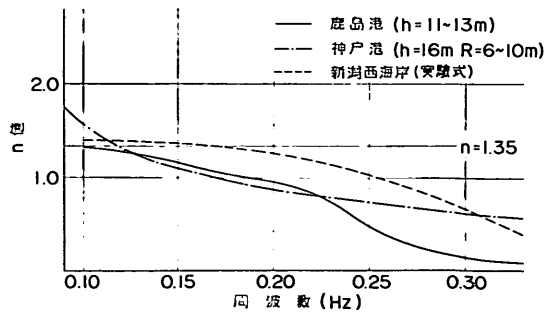


図 5-10 鹿島港、神戸港および新潟海岸における  $n$  値 (波高補正係数) と周波数の関係

水深約 12.5m ( $R=6$  m および 10 m の平均値) の実測値によって求められたものである。新潟西海岸における例<sup>6)</sup>は、規則波による水路実験の結果から現地測定条件における  $n$  値を推定したものである。

結論的に現段階では、 $n$  値については、水深 10 m 程度の測定点において水圧波を測定する場合、周期 5.5 秒程度以下の波の整理を現行の方法 ( $n=1.35$ ) で行なうことは、 $n$  値のみで +30% 程度以上の誤差を含むこととなり、誤差  $\pm 10\%$  以下の信頼性をもつためには、周期が 7.5 秒程度以上の波を対象とすることが必要であろう。

この問題も水圧式波高計による測定値を取り扱う場合にはデジタルデータ処理に切換えても必然的な問題として残される。

#### 5-2-4 表面波へ換算処理する手順に基づく計算結果の差

水圧波形を表面波形に換算する場合には、5-2-2、5-2-3 の他に表面波へ換算処理する手順の相異による差が生ずる。

一般的には 2-2-1 で述べられている平均波法による処理が行なわれているが、これを仮に A 法と呼ぶ。A 法においては水圧波形の平均波、有義波、1/10 最大波を求めそれらに対応する周期により表面波高に換算する。表面波高に換算するときに 2-1 式を使用し、水圧波高が等しい場合には周期の短い波の方が波高が大きく算定される。水圧式波高計の測定原理から考えて、読みとられた個々の水圧波について表面波に換算してから波浪特性値を求める方法が良いように考えられるが、手計算の場合には計算量も多くなるので、比較的その影響が大きい 1/10 最大波および最高波を求める場合のみ個々の波の水圧波を規定数より多少多く表面波に換算したのち、所要の抽出、平均をする方法が設計基準には提案されている。この場合の 1/10 最大波の求め方は、一連の記録波形に含まれる読み取り振幅の大きなものから全波数の 1.5/10 の波数を取り出し、それ等について個々に表面波高を求めた後、表面波高の大きなものから全波数の 1/10 に相当する波を抽出してその平均値を求め 1/10 最大波高とするもので、この方法をここでは B 法と呼ぶこととする。

また、記録波形の個々の波を表面波に換算した後に、表面波の諸元を求める方法を C 法とする。

A、B および C 法の手順の相異点は次のようにまとめられる。

#### A 法

水圧波→水圧波の特性値(平均波高など)→表面波へ換算

#### B 法

水圧波→  
 { 〇 水圧波の平均波、有義波→表面波へ換算(平均波、有義波)  
 〇 全波数の 1.5/10 の波数の個々の波を表面波へ換算  
 算 →1/10最大波、最高波

#### C 法

水圧波→個々の波を表面波へ換算 →表面波の特性値(平均波高など)

水圧波のデジタル記録波形から平均波諸元を求める場合には、演算時間は A、B、C 法共にそれほど大きな差はなく、実用上従来の手計算で便法的に行なわれて来た A 法または B 法と C 法の優劣をつけることはむずかしい。

この集中処理システムでいずれの手順を採用すれば良いかを、従来の方法の比較検討をも含め、水圧式波高計によるデジタル記録を用いて検討してみた。

使用データは昭和 41 年 4 月～8 月の間に、茨城県鹿島港の水圧式摺動抵抗型波高計で測得されたデジタル記録の中から約 100 回の観測記録を無作為に抽出し、A、B および C 法により波浪特性値を求めた。波高計の設置水深は約 12 m である。

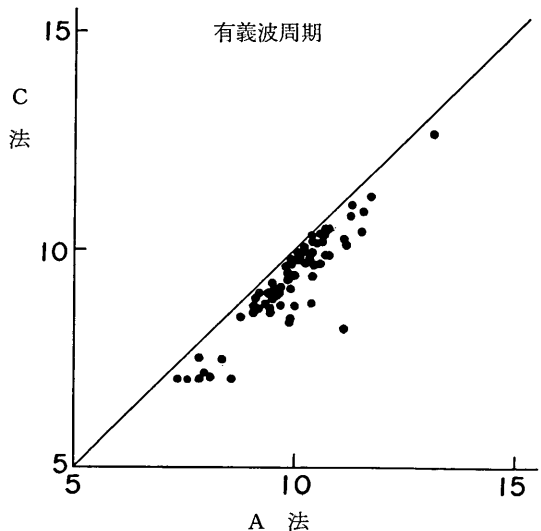


図 5-11 A 法と C 法による有義波周期の比較

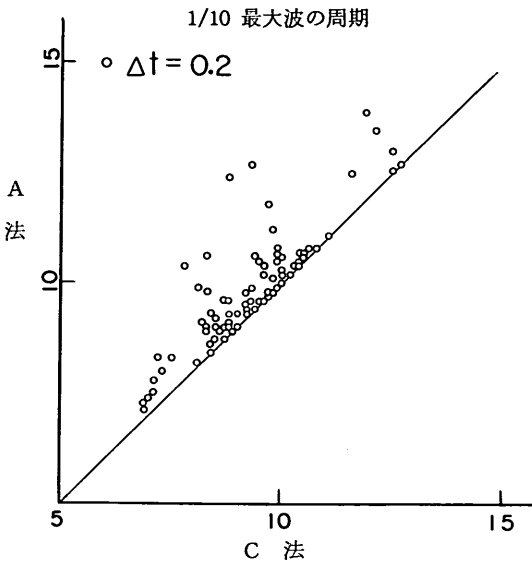


図 5-12 A 法と C 法による 1/10 最大波の周期の比較

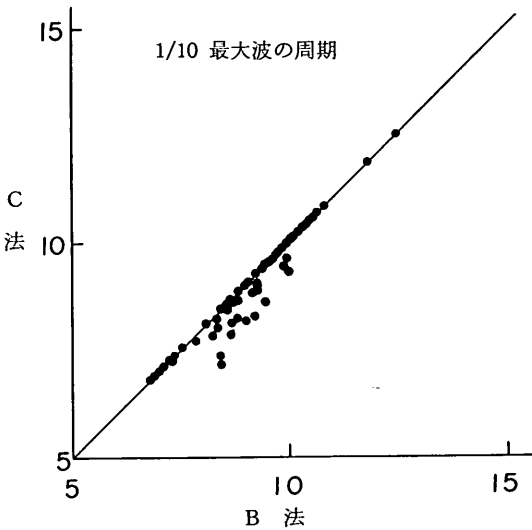


図 5-13 B 法と C 法による 1/10 最大波の周期の比較

i) 周期

A, B および C 法において、平均周期は全く同じものである。有義波の周期は A 法と B 法は同じであるが、C 法における値は一般に A 法および B 法の周期より小さくなる。図 5-11 に有義波周期を A 法および C 法で求めた結果を示す。また 1/10 最大波の周期について比較すると図 5-12、図 5-13 のようになり 1/10 最大波の周期については A, B, C の順に小さくなる。これは式 2-1 を用いて表面波高に換算しているため、波形記録から個々の波を読み取り表面波に換算した後に、波高の大きい方

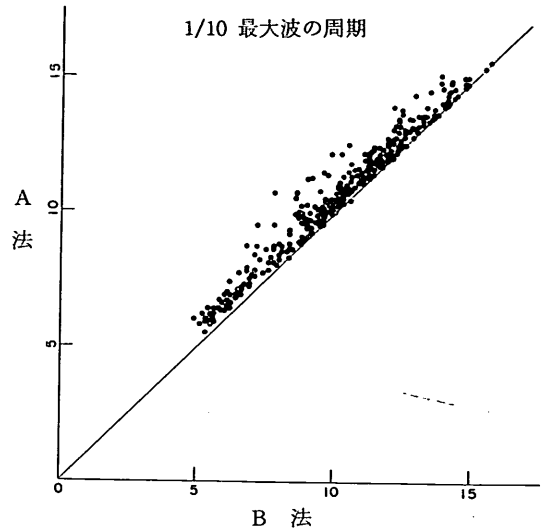


図 5-14 A 法と B 法により、手計算で求められた 1/10 最大波の周期の比較

から順にならば変えると、水圧波形の波高が小さいものでも周期が小さいために、表面波高が大きく換算されるものが出てくるからである。

A 法と B 法で、手計算により読み取り、演算を行なった場合の 1/10 最大波の周期を比較したものが図 5-14 である。点のバラツキの程度は C 法/A 法の場合とあまり変わらない。

ii) 波高

波高については、A 法と B 法による平均波、有義波の値は全く同じである。周期と同様に A, B および C 法で計算しこれらの特性値を比較してみる。

図 5-15 は A 法と C 法による平均波高の比較、図 5-16 は有義波高の比較である。図 5-11 と比較した場合、周期の差に比較して波高の算定結果の差が小さいことが明らかである。また平均波高、有義波高いずれも C 法による値が大きく求められる。

1/10 最大波高については、求められる波高値が A, B, C の順で大きくなっており、B 法による結果と C 法による結果は一致していることが多い。図 5-17 に 1/10 最大波高の比較を示しているが、○印は B 法と C 法による結果が等しく、この値と A 法による結果を比較したものである。最高波については、図 5-18 に示すように A, B, C 法それぞれの演算結果が一致することが最も多く A 法による演算結果が極端に小さく求められる場合も若干ある。

以上の波高算出結果のみでは周期との関連性が明らか

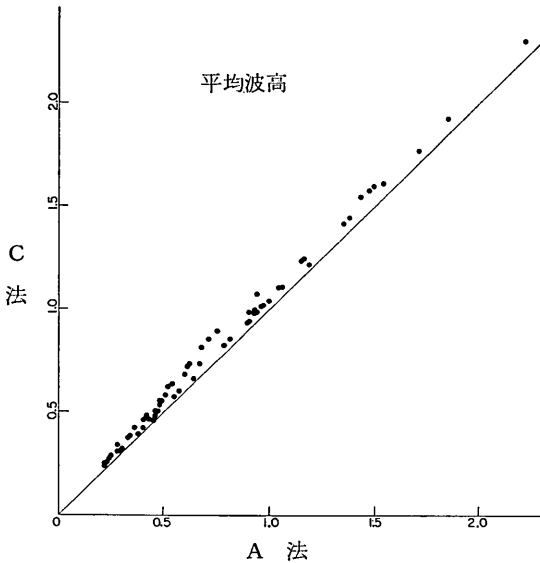


図 5-15 A法とC法による平均波高の比較

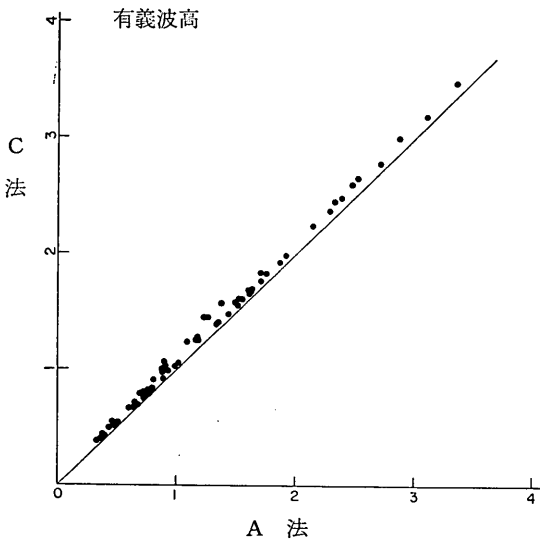


図 5-16 A法とC法による有義波高の比較

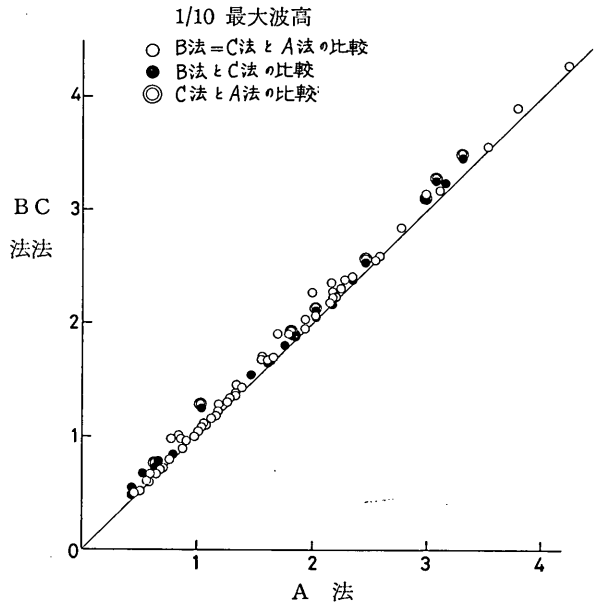


図 5-17 A, B およびC法による 1/10 最大波高の比較

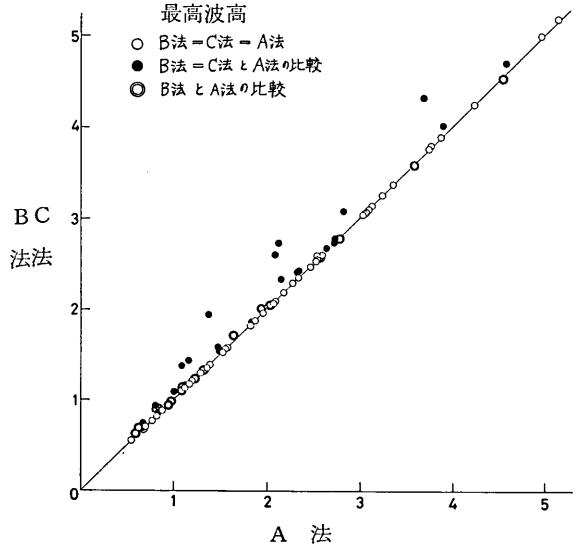


図 5-18 A, B およびC法による 1/10 最高波高の比較

でないので一例として図 5-17 のA法, B法について周期をも含めてプロットすると図 5-19 のようになる。図中  $T_{p1/10}$  はA法による周期である。この図からは、A法B法による演算処理の際に周期の差による系統的な差は生じないとみて良い。

また図 5-20 はA法, B法に従い手計算により読み取り解析された結果を 1/10 最大波について示したものである。

以上の検討結果をとりまとめると、

- イ) 有義波周期, 1/10 最大波周期はA法による場合、C法よりもかなり大きな値となる場合がある。
- ロ) 平均波高, 有義波高についてはA法と他の方法による演算結果の差はほとんどない。
- ハ) 1/10 最大波高の場合には A 法と他の方法による結果では明らかな差が認められるが、実用上は大差なく波高の大きさによる差の変動はほとんど認められない。

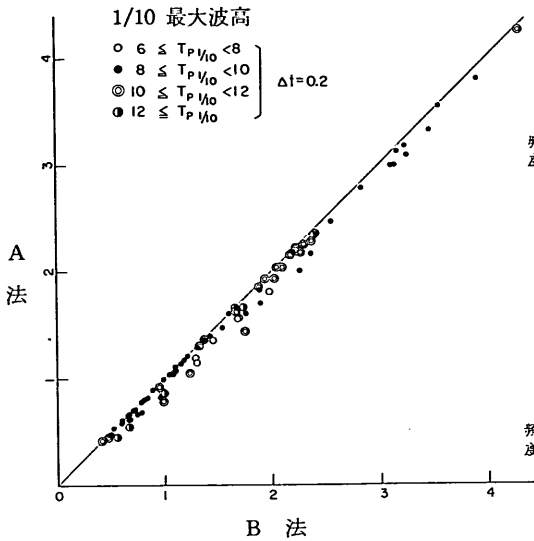


図 5-19 周期も考慮した 1/10 最大波高の比較 (A法, B法)

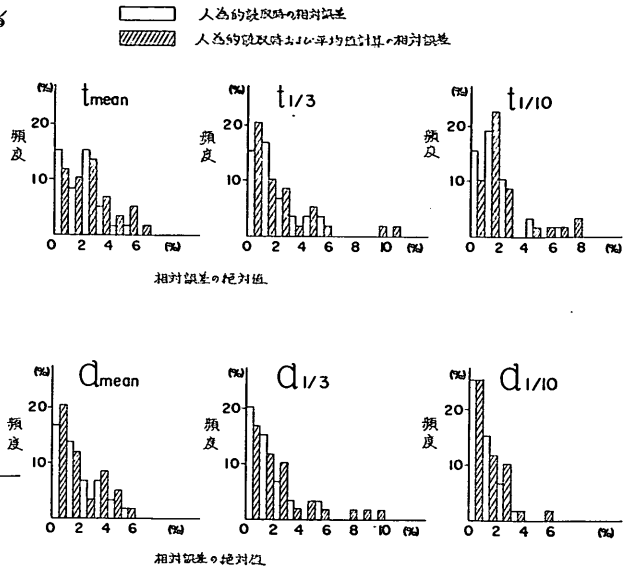


図 5-21 人為的読み取り処理における誤差

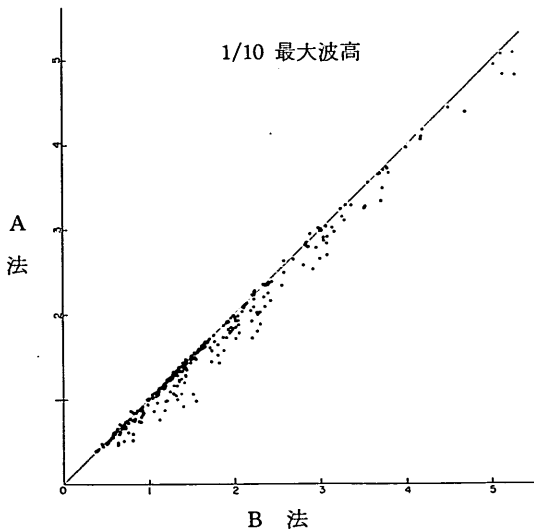


図 5-20 手計算により求められた 1/10 最大波高の比較

- ニ) 最高波高を B または C 法で求めた場合には、極めて周期の小さい波の影響により、A 法よりも非常に大きな値が求められることがある。
- ホ) 波高の演算処理結果は周期の演算処理結果に比べて各方法による差が小さい。また演算法の相異による処理結果の差は、周期の大小にはあまり関係がない。

5-2-5 手計算による演算処理との比較

- ア) 手計算による場合の読み取り精度について

前節までは、主として波浪デジタル記録を演算処理する場合の一般的誤差について述べたが、デジタル記録を電子計算機で処理した結果と手計算によりアナログ記録を処理した場合の直接の比較はなされていない。ここでは、水圧式波高による測得データを手計算により処理した結果とデジタル記録の処理結果を比較する前に手計算による場合の精度について検討してみる。

ここに示す一例は、港湾技術研究所において毎年実施する波浪観測技術者研修におけるデータ整理の実習結果から30例を無作為に抽出し整理したものである。

実習には2種類の実測データを複写して配布使用した。2種類の記録は標準的な波形のものと、波高が大きく波形勾配が急なものを用いたが、記録波形の違いによる結果の相異は明らかには認められず、図 5-21 には一括して示している。

各人の整理結果には若干の誤算が含まれていたため、これを修正して最確値を求め、この値に対して各人の読み取り値および直接波形記録を対象とした平均波法による処理結果の相対誤差の絶対値であらわしている。

この結果から、記録の読み取りおよび平均値処理の精度を求めることは問題もあるが、一応平均的な誤差は2%前後であり、誤差5%以上の場合が全体の10%程度はありそうだといえる。

実際の波浪データ処理においては、さらに実際の周期の算定および表面波高の算定作業が含まれ、表面波を測

定した場合にはほとんど問題にならないが、水圧波の場合には、表面波換算の際に介入する誤差は平均的に 2~3% 程度であり、相対誤差が数十%~100% 以上となる例もあった。

b) 手計算によるアナログ記録の演算処理結果とデジタル記録による電算機処理結果の比較

図 5-22, 図 5-23, 図 5-24 は計算機でデジタル記

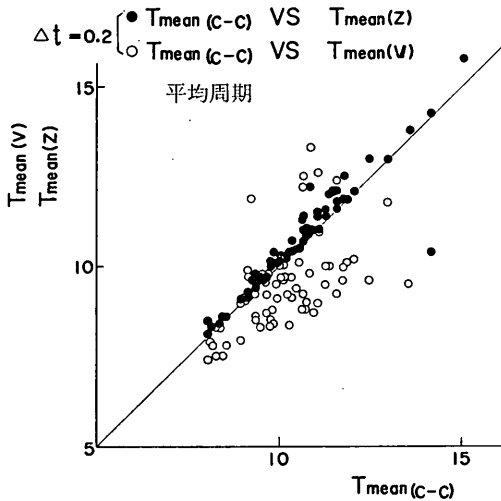


図 5-22 アナログ記録による人為的算出値とデジタル記録による電算機処理結果の比較 (平均周期)

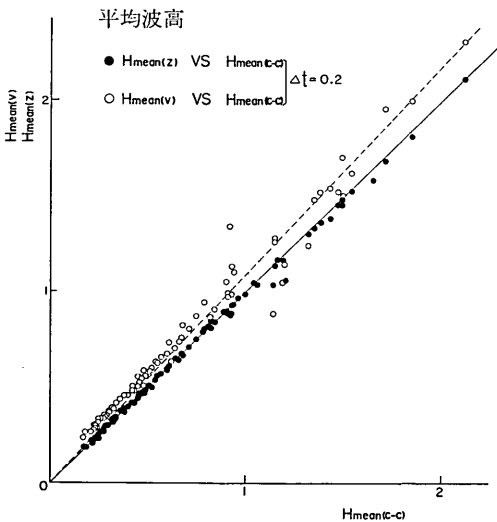


図 5-23 アナログ記録による人為的算出値とデジタル記録による電算機処理結果の比較 (平均波高)

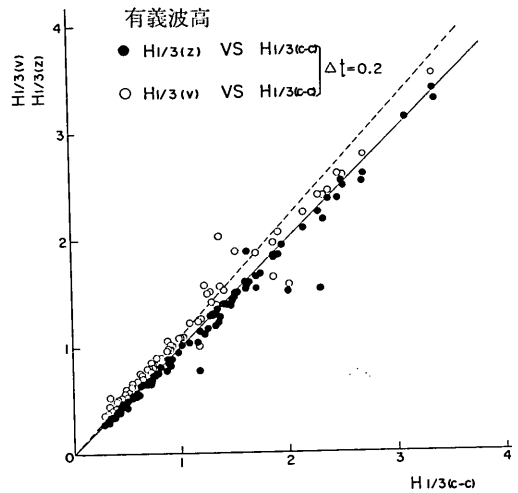


図 5-24 アナログ記録による人為的算出値とデジタル記録による電算機処理結果の比較 (有義波高)

録を処理した結果と手計算によりアナログ記録を処理した結果を比較したものである。いずれも前節の A 法により処理解析されている。

使用したデータは前節と同じものであり、デジタル記録の量子化時間間隔は 0.2 秒である。また手計算においては、表面波換算に際し、式 2-1 の右辺の  $\text{Cosh} \frac{2\pi h}{L}$  /  $\text{Cosh} \frac{2\pi R}{L}$  の項の分母を 1 としている。これは水深が 10~12 m, 周期 7~12 秒の場合、機深、 $R=6$  m とすれば分母は 1,008~1,014 程度となるからである。図中、添字 (V) は手計算によるもの、(Z) は周期をゼロ・アップ・クロス法を用いて電子計算機で求めたもの、(C-C) は図 2-3 で定義されているゼロ・アップ・クロスの概念による波峯を基準とした周期を用いデジタル記録を電算機で処理したものである。また添字 mean は平均波、1/3 は有義波をあらわす。

平均周期について手計算による結果とデジタル記録の解析結果を比較した図 5-22 を見ると、 $T_{\text{mean}}(Z)$  と  $T_{\text{mean}}(C-C)$  はほぼ等しいが、 $T_{\text{mean}}(C-C)$  と  $T_{\text{mean}}(V)$  とを比較すると  $T_{\text{mean}}(C-C)$  がかなり大きく算出されている。

平均波高、有義波高については、デジタル記録の演算結果が手計算結果より小さくなっている。また  $H_{(Z)}$  と  $H(C-C)$  を比較した場合にはほぼ等しくなっている。

これらの図をもとにしてデジタル記録の整理結果と手計算結果を比較しその差異が生ずる原因を列挙すると



## 波浪データの集中処理方式について

次のようになる。

i) 測定信号入力力が小さく、アナログ記録の波の波高が 1 dig. 以下の場合には、量子化された記録の整理段階において 1 個の波とみなされないため全体として波数が少なくなり、デジタル記録から求められる周期はアナログ記録を手計算で計算した結果得られる周期より大きく算出される。使用したデータは実水深が約 12m の地点に設置された水圧式波高計により測得されたものであるから周期 7~8 秒程度の波の場合には、周期に 1 秒の差があれば算出される波高の差は 3~15% になる。

ii) 記録波形の振幅が小さい場合には、デジタル記録の演算処理結果の波高は小さ目に算出されることと、手計算による人為的読み取り波高は大き目に求められる傾向があるために波高の小さい部分での相対的な差異は大きくなる。

波高の処理結果の差は、この検討か水圧式波高計を対象とした整理結果を用いたため周期の算定結果による影響がそのままあらわれたものと考えて良からう。周期の算定結果の差は図 5-22 から明らかのように量子化による誤差の最大値、 $\pm 2\Delta t$ 、より大きな値になっているが、これは人為的読み取りの場合には Crest-to-Crest 周期に近いものが求められゼロ・アップ・クロス周期に近い値を求めるデジタル記録の演算結果より小さいことに起因する。

一つの波の波高、周期を図 2-3 のように定義する場合には、人為的読み取り時には記録波形の平均線を明確に設定することが困難であり、不確定要素が一つ少ないだけデジタル記録処理方式が精度的に優れていると考えて良からう。また、波高、周期の読み取り作業以降の演算に関しては、計算機で処理する場合の演算誤差は皆無と考えて良い。したがって平均波高、平均周期および量子化時間間隔から容易に演算誤差の概略値を知ることが可能なデジタルデータ方式は波浪データの統一的技術水準による処理という点でも手計算による演算処理より優れていると考えられる。

### 5-3 データ処理能力

現地波浪デジタルデータは 5-1 の手順で演算処理されるが、この処理系のデータ処理能力はデータの量子化時間間隔、すなわち、紙テープの量により定まる。今、波高計によるデジタル記録が量子化時間間隔 0.5 秒で 2 時間毎に 20 分間測得されるものとする、1 回の観測時間に得られる紙テープデータは 2,400 桁であり、紙テープ 1 巻には 42 回分の観測データが収録される。1 週間

分のデータは紙テープ約 2 巻に収録され、1 カ月分では約 10 巻になる。

昭和 43 年度および 44 年度における、この処理システムの試験的運用実績から、最も時間のかかる処理はデータの確認、チェックの作業であることが明らかとなった。

現地におけるデジタルデータの取得は、前記デジタル記録装置を用いて行なわれ、データの取得要領も細かく規定されているが、機器の故障や観測担当者の誤記、輸送中の紙テープの損傷などにより、必ずしも規定通りの正しいデータが送付されるわけではない。したがって  $P_i-M_i$  コード変換器により電算機用の入力磁気テープデータを作成する前にかなり厳密なデータチェックが必要となる。1 巻の紙テープに測得されている観測回数 $\times$ のチェックには  $P_i-M_i$  コード変換器により行なう場合もあるが、平均して 1 分程度、不良データの場合には 20 分程度かかる。

1 カ月分の波高計のアナログ記録を手計算により読み取り整理する場合とこの処理系での処理作業時間を比較すると次のようになる。

ただし 1 日の作業時間は 8 時間とする。

#### a) 平均波法の場合

アナログ記録	}	記録紙読取 (熟練者)	15日/2人
		水圧波諸元の算出	4日/人
		表面波換算	1日/人
デジタル記録	}	データチェック	150分 0.3日/人
		コード変換	60分 0.1日/2人
		電算機処理	15分

デジタル記録処理の際には、記録が欠測なく継続して取得されていることを前提とした能力である。またアナログ記録の読み取り、やデジタル記録のコード変換の作業は 2 人が組んで行なう方が能率が良いので 2 人単位の所要時間とした。データ整理請負業者の事例を参考にしたものである。

欠測が点在する場合には、欠測のデータのところで処理が一時中断するため無駄時間が多くなり、試用実績から判断すると平均して 1 カ月のデータ処理に 1 日程度は必要である。

#### b) 波のスペクトル分析の場合

20 分間の水圧波形から 1 秒毎にサンプリングし、最大ラグタイムを 50 秒とした場合

アナログ記録	}	水圧波形の読取 (熟練者)	15日/2人
		データカードの作成 (熟練者)	10日/人
		電算機処理	6時間
デジタル記録		電算機処理	6時間

デジタル記録の場合にはデータチェック、コード変換の時間が必要であるが、このシステムの実際の運用にあたってはスペクトル解析は異常波浪時のみに適用され、この場合には平均波法の処理段階で作成された磁気テープデータを用いれば良いのでここでは省略した。

以上をとりまとめると、

この集中処理系は平均波法による場合、30港月分程度の処理能力があるが、人間の判断あるいは前置処理する作業を改善すれば、さらに処理能力は向上する。

アナログ記録を手計算で処理する場合の20倍程度の速さで処理できる。

## 6. 波浪に関する拠点観測

日本沿岸の波浪観測体制が“波浪に関する拠点観測の実施要綱”という形で運輸省港湾局で策定され同時に昭和43年10月に日本沿岸に14カ所の観測拠点（八戸港、鹿島港、潮の岬、金沢港、酒田港、東京湾、田子の浦港（長周期波）、神戸港、宇部港、端島（長崎）、苫小牧港、留萌港、紋別港、釧路港）が指定され、各拠点港は昭和43～44年度において観測施設、機器の整備を行ない、これらの波浪観測拠点において取得された波浪のデジタルデータは昭和45年度より、前述のデジタル処理方式で集中的に処理されている。（図 6-1 参照）

その主たる目的は、

a) 日本沿岸における波浪の特性を把握し、港湾および海岸における施設計画、設計における波浪条件を決定

するための資料を得る。

b) 日本沿岸に襲来する異常波浪を確実に観測し、港湾および施設の災害原因の究明、並びに災害復旧工法決定のための資料を得る。

c) 波浪推算法の確定のための基礎的資料を得ることである。

この体制におけるデータの取得ならびに処理システムは図 6-2 のようになる。ただし北海道開発局管内を除く。各観測点におけるデジタルデータ取得は前述のデジタル記録計を用いている。波高計および入力方式、A-D 変換方式は表 6-1 に示されるとおりである。

指定された各波浪観測拠点で取得された波浪のデジタル記録はモニター用アナログ記録とともに一定期間毎に港湾技術研究所に輸送され集中処理される。通常の処理は有義波等平均波の諸元を算出して台帳形式に編集し月々の速報として担当拠点に送付される。処理結果は速報の作成と同時に磁気テープに収録して、保管され一定期間ごとに統計処理を行ない。各観測拠点における波浪の発生確率、波浪特性値の変動などを明らかにしようとしている。また異常波浪時の波についてはその時々に応じた処理解析を行なうことになっている。

このようにシステム化された観測体制は、今後の波浪観測のあり方を示唆するものではあるが、この集中処理系は off-line 処理系を構成しており、現地観測点で測得



図 6-1 波浪観測拠点配置図

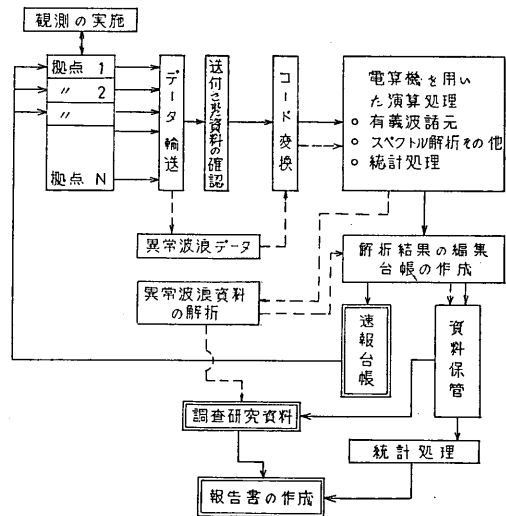


図 6-2 波浪に関する拠点観測データ集中処理システム説明図

波浪データの集中処理方式について

表 6-1 拠点観測港におけるデジタルデータ取得方式

港名	波高計	A-D 変換方式	入力信号	備考
酒田	P.W	逐次比較型	スライド抵抗 1k $\Omega$ , 電圧 $\pm 0.5$ V, $\pm 1$ V	自動平衡型記録計のサーボモータに変換器直結  4ch 切換
金沢	U.S.W	"	"	
八戸	S.G.W	コード板方式	記録計入力, $\pm 5$ mV $\pm 10$ mV, $\pm 1.0$ V, $\pm 2.5$ V	
鹿島	U.S.W	"	1k $\Omega$ スライド抵抗電圧 $\pm 4$ V	
東京湾	U.S.W	"	スライド抵抗 1k $\Omega$ 電圧 0~1V	
神戸	U.S.W	逐次比較型	スライド抵抗 1k $\Omega$ 電圧 $\pm 0.5$ V, $\pm 1$ V	
潮の岬	P.W	"	"	
宇部	S.G.W	コード板方式	スライド抵抗 1k $\Omega$ 電圧 0~1V	
端島	S.G.W	逐次比較型	スライド抵抗 1k $\Omega$ 電圧入力 $\pm 0.5$ V, $\pm 1$ V	
田子の浦	長周期波計	コード板方式	スライド抵抗 1k $\Omega$ 電圧 0~1V	

されたデータから有義波その他の波浪特性値を算出し、処理、活用するまでにかなりの時間差がある。またデータ処理段階で人間の判断を要する作業がある。すなわち、データの解析処理は機械化されるが、観測された順番にデータを並べ観測回数をチェックする作業は人間の手作業を必要とする。また上述の観測目的を満足し、より効果的な活用を図るためには14点の観測点はきわめて過少であり将来体系的により大規模な沿岸波浪に関する観測網が形成される趨勢にあるものと考えられる場合には、処理の段階において手作業ないしは人的判断を要する割合をさらに減少させるとともに、観測データの汎用的かつ多目的利用を考慮して、取得記録のリアル・タイム処理と情報伝達システムを確立することが必要となるであろう。

このような時代の要請に対処するためには、一案として図 6-3 のような構想を描くことが出来るであろう。

沿岸波浪観測対象海域は、最近における港湾あるいは臨海地域開発計画の大規模化、広域化により、その設計計画とともに逐次大水深海域におよび、港湾サイドの要求はもとより、各種海洋開発計画の推進にともない、当該海域を中心とした波浪データの必要性は、各種の安全管理、予報・警報業務等の立場からもその必要性は倍加され、沿岸波浪観測データの取得活用に対する汎用的要求は強まるであろう。したがって今後の課題の一つとして沿岸大水深海域を対象としたあらたな波浪観測技術の開発とともに、情報の集約管理について国策的見地から一元化された体制の確立と取得データの有効利用が用いられるべきであると考えられる。

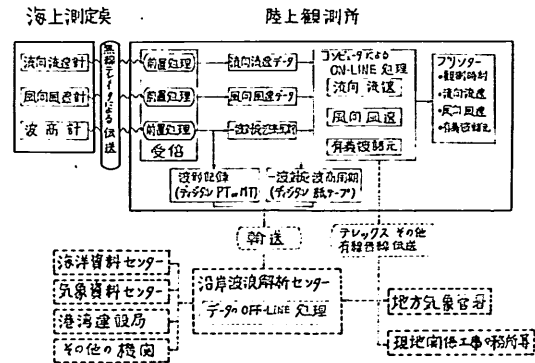


図 6-3 広域波浪観測体制における波浪データの取得処理説明図

7. あとがき

紙テープデジタル記録方式による波浪観測データの集中処理方式に関して、構成機器の性能、演算の精度およびこの処理方式の活用例について述べたが、結論として次の成果が得られた。

a) データの取得および処理機器について

- 1) 電子式逐次比較型のデジタル記録装置を開発し、通常沿岸波浪観測波形を量子化時間間隔 ( $\Delta t$ ) 0.5 秒で取得、処理することにより実用上十分な精度を期待し得ることを実証的に確認

し、沿岸波浪観測データ集中処理システムへの入力取得方式を完成した。

- 2) 紙テープ紙テープコード変換器および紙テープ磁気テープ変換器を開発し、比較的簡便な現地でのデジタル記録取得方式により、観測データの電算機による集中処理を可能とした。
- b) 処理系について
- 1) 定常業務化し得るデータ処理能力は現有施設をもとに 30~50 港分と考えられるが、off-line システムの宿命として人的判断を要する作業を含め集中処理機関に専属の作業人員の確保が必要である。
  - 2) 波浪に関する拠点観測体制の確立を実現し、実用的に活用されている。
  - 3) このシステムの運用実験の成果により、将来沿岸大水深海域における。新しい波浪観測技術によって広域波浪観測網を展開し、その測得データを多目的利用を前提としてリアル・タイムで処理活用する場合の実施案を具体的手法と併わせ検討し得た。

なお本報告の内容は次の文献に一部発表されたものを取りまとめたものである。

“波浪観測の一例について(デジタル記録方式による波浪観測データ処理システム)”, 第四回港湾技術研究所研究発表会講演概要, 1966年

“年波浪観測の一例について(デジタル記録方式による波浪観測データ処理システム)”, 第五回港湾技術研究所研究発表会講演概要, 1967年

“波浪観測の一例について(波浪観測データ集中処理システム)”, 第七回港湾技術研究所研究発表会講演概要, 1969年

このデータ取得処理方式の研究開発にあたり、当研究所計算室各位の絶大なる協力を得た。また各機器の設計製作にあたり三菱電機(株)、東京芝浦電気(株)の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

#### 参 考 文 献

- 1) 高橋智晴, 鈴木禧実, 中井徹也; “波高計による観測データの処理方法” 港湾技術研究所資料, No. 39. pp. 7~233, 1967年12月
- 2) 高橋智晴; “沿岸波浪観測法(観測機器装置と観測値の質についての考察)”, 運輸省港湾局第20回直轄技術研究会報告資料, No. 12. pp. 146. 1969年11月
- 3) Blackman R.B. and J.W. Tukey; The measurement of power spectra from the point of View of communications engineering, Bell. System Tech. J. Vol. 37, 1958.
- 4) 高橋智晴, 鈴木禧実, 佐々木弘, 菅原一晃, 中井徹也 “波高観測の一例について” 第3回港湾技術研究所研究発表会講演概要, 1965年12月, pp. 50~62.
- 5) Hiromoto, F “A Note on a Correction Factor for the Pressure of Progressive waves.” R.P.H.R.I. No. 13, pp. 41~51. 1966.
- 6) 本間仁, 堀川清司, 趙榮耀 “佐渡島の波に対するしゃへい作用”, 第13回海岸工学講演会講演集, pp. 42~49, 1966年
- 7) 本間仁, 堀川清, 小森修蔵 “水圧変動波形と水面波形の相関性” 第12回海岸工学講演会講演集, pp. 76~83, 1965年
- 8) 高橋智晴, 鈴木禧実, 佐々木弘 “鹿島港における波浪観測について”, 第13回海岸工学講演会講演集, pp. 62~70, 1966年
- 9) 神戸港工事事務所, “神戸港波浪観測データ定常整理および解析報告書”, 1967年, 3月  
(1970. 12. 受付)