

26. 津波観測所に設置された新しい長波計測装置 (ERI-V 型津波計)

地震研究所 { 相 田 勇
伊 達 大 喜
坂 下 至 功
小 山 盛 雄

(昭和56年7月29日受理)

要 旨

デジタル圧力変換器を利用した、新しい長波計測装置 (ERI-V 型津波計) が、江の島、伊豆大島両津波観測所に設置された。この装置により、サンプリング間隔 30 sec で、1/10 mm 単位、6桁の数値として海水位のデータが、フロッピーディスクに記録される。また 0~+5 m の潮汐と、± 50 cm の長周期波のアナログ記録が、2ペンレコーダーによって得られる。時平均、日平均潮位、24時間パワースペクトルが計算され、デジタルプリンターに印刷される。現在までに得られた記録の解析処理の二、三の例が示されるが、今後のデータの蓄積によって、海岸付近の長周期海洋波の性質を一層明らかにできるものと期待される。

1. はじめに

本所、江の島および伊豆大島津波観測所においては、現在まで水理濾波器を用いたアナログ記録方式の津波計 (相田, 1962) が設置され、大小の津波や、常時長周期海洋波の観測を行い、その解析結果についても既に発表して来ている。(AIDA, 1967; 相田, 1978; 相田・伊達・小山, 1970; AIDA et al., 1972; 高橋・相田, 1961, 1962など)

現在使用中の ERI-IV 型津波計は、故障も非常に少く、常に安定した性能を発揮している。しかしダイナミックレンジが狭いアナログ式センサーを使用するため、海面の高さに比例した水圧を、予め水理濾波器によって帯域濾波しセンサーに加える方式をとっている。そのため津波をはじめ、われわれの問題とする周期帯の波については、非常に見易い記録が得られる。その反面、精確な解析を行うためには、濾波器特性の補正が必要になり複雑な手続きを伴い精度の低下が否めない。

近年デジタル技術の著しい進歩があり、比較的容易に所期の目的の計測システムを構成出来るようになって来た。そこで圧力によって、水晶振動子の振動数が変化することを利用した圧力変換器をセンサーとして、その計算器や記憶装置、周波数解析装置などを組合せた長波計測装置を発注製作することが出来た。

江の島津波観測所には1980年3月、伊豆大島津波観測所には1981年3月に設置され、現

在順調に稼動中である．ここではこの装置の概要と得られた記録の二，三の解析処理の例について報告する．

2. 装置の概要

2-1. 圧力変換器

この装置の目的として従来の津波計の性能を完全にカバー出来るものである必要があるので，海水位の変動を 1 mm の精度で，サンプリング間隔 30 sec 程度で測定できることが要求される．測定最大水位を 10 m とすると， 10^4 以上のダイナミックレンジである．また現在は海岸の津波計井戸内に設置するが，将来ケーブルでやや深い場所へセンサーを設置することも考慮して，ダイナミックレンジは 10^5 程度が得られる変換器を求めた．

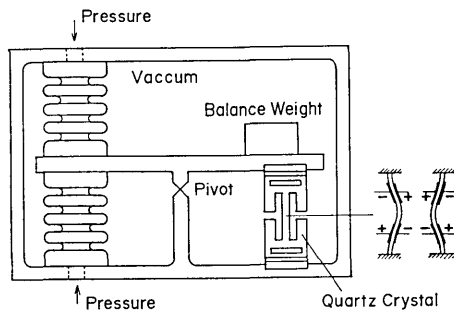


Fig. 1. General construction of the pressure transducer.

この目的にかなうものとして，水晶振動子の周波数変化を取り出す方式のデジタル圧力変換器が開発されている (PAROS, 1976)．この構造の概念図は，Fig. 1 に示すようなもので，特殊な形状に切出された水晶振動子の梁の曲げ振動 (図の右側に示したような) の振動数が固定端間にかげられた圧力によって変化することを利用したものである．

水位を測定するためには，水面にかかる大気圧を差し引く必要があるので，図のように差圧を測定する型が選ばれ，一

方の受圧口に水圧，もう一方の受圧口には大気圧を加える．

振動子の周期 T と圧力 P との関係は，次の 2 次式で表わされる．

$$P = A(1 - T_0/T) - B(1 - T_0/T)^2$$

ここに A, B は定数で， T_0 は圧力 0 のもとでの周期であり，これらの定数は振動子 1 個毎に検定されている．今回用いた江の島，伊豆大島用の変換器のものは次のようであった．

	江の島用	伊豆大島用
A	143.892 psi	173.871 psi
B	76.880 psi	93.179 psi
T_0	26.44960 μ s	24.80276 μ s
	(37.8077 kHz)	(40.318 kHz)

ここである圧力下での周期 T の測定は，20 sec 間の波数 (約 8×10^5) を測定し，その平均周期から求められる．

この種の変換器では温度変化が最も気になるところであるが，この変換器では零点移動が 0.0007% Fule Scale/ $^{\circ}$ C，感度変化が 0.0049% Fule Scale/ $^{\circ}$ C である (PAROS, 1976)．いま冬と夏で海水温度の差を 20° C と考えると，零点移動は水位 1.4 mm，感度変化は 9.8 mm となる．感度変化は常時測定範囲内ではこれの数分の一となるから，いず

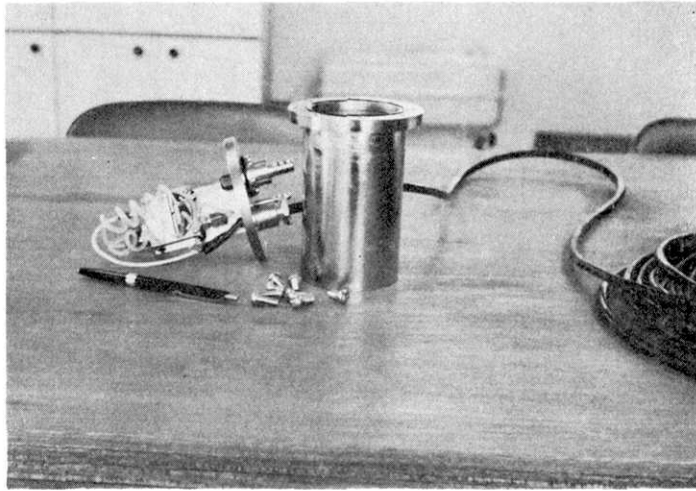


Photo 1. Digital pressure transducer and its case.



Photo 2. Pressure transducer set on the steel pipe.

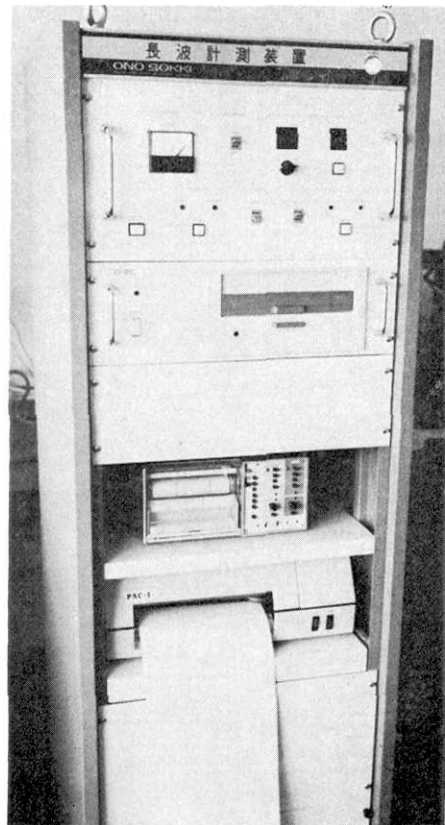


Photo 3. The instrument in the observatory.

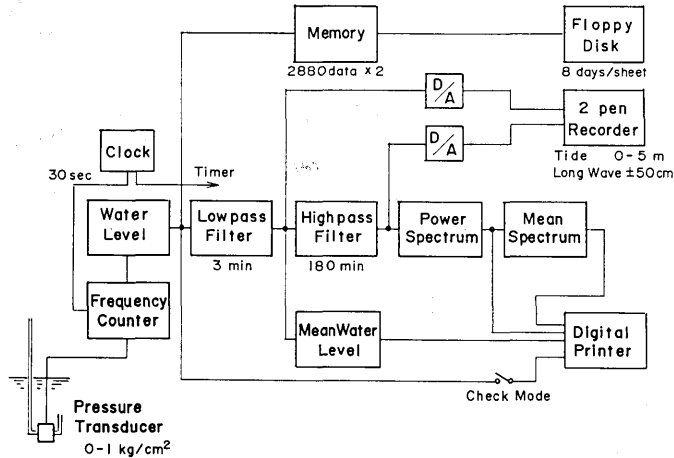


Fig. 2. Schematic diagram of this instrument.

れも許容出来る範囲と考えられる。Photo 1. に圧力変換器とその耐圧容器を示し、また Photo 2. には設置のため鋼管に取付けられた状態を示す。

2-2. 装置の構成と動作

前述の圧力変換器を使用して、所要の記録を得る装置の構成を Fig. 2 に、その外観を Photo 3. に示す。

まず圧力変換器の 20 sec 間の振動数から、海水の比重を 1.025 と仮定した上で、水位の計算が行われる。水位の値は 1/10 mm の単位で 6 桁の整数である。サンプリングの間隔は 30 sec で、1日 2880 データを IC メモリーに収容する。IC メモリーは 2 組設けてあり、交互に使用され、使用していないメモリーには前日の値の記憶が保持される。このメモリーの内容は、0 時にメモリーが切替わった後自動的に、あるいは次の日の任意の時刻に手で、フロッピーディスクにコピーすることが出来る。フロッピーディスクは片面単密度、8" 標準フロッピー装置を使用し、1 セクターに、10進 6 桁 13 データが入り、1 日のデータの頭に、年月日と先頭データの時刻が記入される。したがって 1 日分に 223 セクターを必要とし、1 枚のフロッピーディスクに 8 日分のデータを収容することが出来る。

フロッピーディスクは観測所から本所へ郵送され、随時処理される。記録コードは東京大学大型計算機センターのオープンフロッピーディスク装置にあわせてあり、処理には同センターのコンピューターを使用する。

一方水位計算値は、遮断周期 3 min の Low-pass filter を通して短周期振動を除去した後、D/A 変換され、2 ペンレコーダーに潮汐の値として記録される。また 1 時間毎の平均潮位および 1 日 24 時間の平均潮位を計算して、デジタルプリンターにその値を打出す。

Low-pass 出力は更に遮断周期 180 min の High-pass filter を通した後、D/A 変換されて、2 ペンレコーダーに長波記録 (± 50 cm) を行う。Fig. 3 は使用されている Low-pass, High-pass filter の特性曲線であり、また Fig. 4 には 2 ペンレコーダーによるモニター記録の一例を示す。

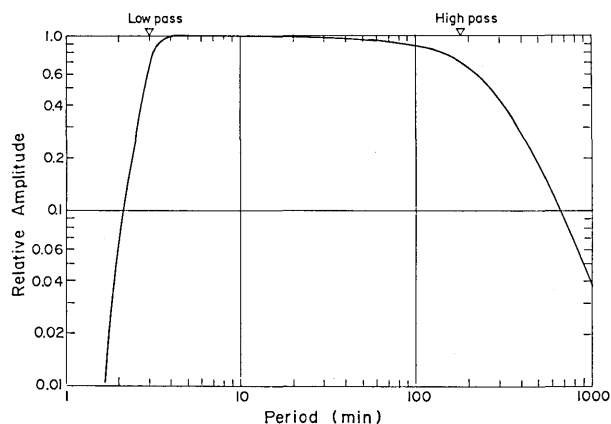


Fig. 3. Response characteristics of Low-pass and High-pass filters.

つぎに 30 sec 間隔の 1 日のデータ 2880 個の 3 点ずつの平均をとり, 1 min 間隔 1439 個のデータに変換する. FFT によるスペクトル計算のため, この 1 日のデータを, 512 個の 4 組のデータ (約 200 個ずつ重複する) に区分し, それぞれに hanning window をかけた後にパワースペクトルを求める. 求められた 4 個のスペクトルは平均され, 更に周波数 3 点の移動平均をとってスペクトルが平滑化される. これはその日のパワースペクトルとしてデジタルプリンターに印刷される.

また後述するように, スペクトルレベルの代表値を得るため, 6 個の周期帯を選定してその帯域での平均スペクトル密度を計算し, プリントするようになっている. Fig. 5 はデジタルプリンターに出力された結果の一例である. 上から平均潮位の時刻と潮位 (cm), パワースペクトルの周期とスペクトル密度 ($\text{cm}^2 \cdot \text{min}$), 平均スペクトルの帯域中心周期とスペクトル密度 ($\text{cm}^2 \cdot \text{min}$) が記録されている.

なおチェックモードに切替えることによって, 圧力変換器の周波数カウント値から水位を計算した 30 sec 毎のデータを, デジタルプリンターに出力することが出来る. Fig. 6

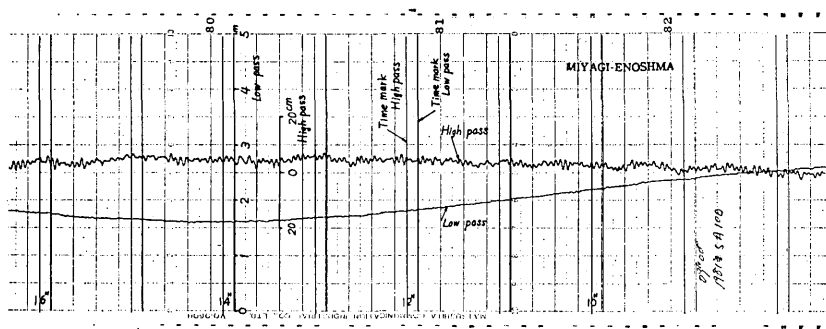


Fig. 4. An example of the monitor record by the 2 pen recorder.

IZU-ŌSHIMA

01/06/17 TIDE LEVEL

00 H	0393.5 CM	01 H	0397.8 CM
02 H	0409.4 CM	03 H	0414.6 CM
04 H	0411.4 CM	05 H	0397.5 CM
06 H	0375.2 CM	07 H	0349.3 CM
08 H	0324.6 CM	09 H	0305.7 CM
10 H	0297.8 CM	11 H	0302.5 CM
12 H	0317.1 CM	13 H	0340.4 CM
14 H	0366.3 CM	15 H	0389.3 CM
16 H	0405.1 CM	17 H	0411.4 CM
18 H	0409.5 CM	19 H	0398.2 CM
20 H	0385.4 CM	21 H	0374.4 CM
22 H	0368.8 CM	23 H	0370.3 CM

MEAN 0371.0 CM

01/06/17 SPECTRUM

256.00 MIN	0.6293E+03	178.66 MIN	0.5707E+02
128.00 MIN	0.8766E+01	102.40 MIN	0.9409E+01
064.00 MIN	0.1091E+02	073.14 MIN	0.7995E+01
032.00 MIN	0.3465E+01	056.89 MIN	0.1558E+01
016.00 MIN	0.1045E+01	045.54 MIN	0.3733E+00
008.00 MIN	0.3762E+00	037.39 MIN	0.3066E+00
004.00 MIN	0.4151E+00	034.13 MIN	0.4649E+00
002.00 MIN	0.3582E+00	030.11 MIN	0.3391E+00
001.00 MIN	0.2844E+00	026.94 MIN	0.3095E+00
000.50 MIN	0.2397E+00	024.38 MIN	0.2116E+00
000.25 MIN	0.2373E+00	022.26 MIN	0.2783E+00
000.125 MIN	0.2672E+00	020.48 MIN	0.2102E+00
000.0625 MIN	0.2091E+00	018.96 MIN	0.2617E+00
000.03125 MIN	0.2645E+00	017.65 MIN	0.2102E+00
000.015625 MIN	0.1340E+00	016.51 MIN	0.1233E+00
000.0078125 MIN	0.1468E+00	015.51 MIN	0.2166E+00
000.00390625 MIN	0.2043E+00	014.62 MIN	0.2166E+00
000.001953125 MIN	0.1938E+00	013.83 MIN	0.2198E+00
000.0009765625 MIN	0.2657E+00	013.12 MIN	0.2812E+00
000.00048828125 MIN	0.3015E+00	012.48 MIN	0.2326E+00
000.000244140625 MIN	0.1827E+00	011.90 MIN	0.1020E+00
000.0001220703125 MIN	0.7137E-01	011.37 MIN	0.7738E-01
000.00006103515625 MIN	0.9704E-01	010.87 MIN	0.1111E+00

002.20 MIN	0.6958E-03	002.27 MIN	0.6958E-03
002.26 MIN	0.7443E-03	002.25 MIN	0.7542E-03
002.24 MIN	0.1013E-02	002.23 MIN	0.1331E-02
002.22 MIN	0.1292E-02	002.21 MIN	0.1205E-02
002.20 MIN	0.2542E-02	002.19 MIN	0.2985E-02
002.18 MIN	0.7052E-03	002.17 MIN	0.6162E-03
002.16 MIN	0.6998E-03	002.16 MIN	0.6461E-03
002.15 MIN	0.5765E-03	002.14 MIN	0.6546E-03
002.13 MIN	0.8846E-03	002.12 MIN	0.8846E-03
002.11 MIN	0.9364E-03	002.10 MIN	0.4771E-03
002.09 MIN	0.4671E-03	002.09 MIN	0.5884E-03
002.08 MIN	0.6659E-03	002.07 MIN	0.7057E-03
002.06 MIN	0.5964E-03	002.05 MIN	0.6262E-03
002.04 MIN	0.7355E-03	002.03 MIN	0.7753E-03
002.03 MIN	0.7753E-03	002.02 MIN	0.2803E-03

01/06/17 MEAN

003.09 MIN	0.3593E-01	003.27 MIN	0.2740E-02
012.96 MIN	0.1685E-02	003.25 MIN	0.1366E-02
005.72 MIN	0.1242E-02	004.19 MIN	0.8233E-03

Fig. 5. An example of the digital printer's output on mean sea levels and power spectra.

01/03/01	00:01 00	805092	0018.77 CM
01/03/01	00:01 30	805091	0018.78 CM
01/03/01	00:02 00	801581	0070.49 CM
01/03/01	00:02 30	801564	0070.74 CM
01/03/01	00:03 00	801572	0070.62 CM
01/03/01	00:03 30	799747	0097.41 CM
01/03/01	00:04 00	798076	0121.88 CM
01/03/01	00:04 30	798668	0121.62 CM
01/03/01	00:05 00	793079	0121.84 CM
01/03/01	00:05 30	794560	0173.19 CM
01/03/01	00:06 00	794574	0172.98 CM
01/03/01	00:06 30	794573	0173.00 CM
01/03/01	00:07 00	790986	0225.09 CM
01/03/01	00:07 30	791010	0224.75 CM
01/03/01	00:08 00	791006	0224.80 CM
01/03/01	00:08 30	783482	0261.31 CM
01/03/01	00:09 00	787423	0276.59 CM
01/03/01	00:09 30	787421	0276.62 CM
01/03/01	00:10 00	786055	0298.30 CM
01/03/01	00:10 30	783822	0303.38 CM
01/03/01	00:11 00	783825	0328.34 CM
01/03/01	00:11 30	783381	0334.71 CM
01/03/01	00:12 00	783213	0360.04 CM
01/03/01	00:12 30	786209	0380.09 CM
01/03/01	00:13 00	789209	0380.09 CM
01/03/01	00:13 30	776562	0432.03 CM
01/03/01	00:14 00	776560	0432.03 CM
01/03/01	00:14 30	776563	0432.01 CM
01/03/01	00:15 00	772913	0483.73 CM
01/03/01	00:15 30	772910	0483.77 CM
01/03/01	00:16 00	772915	0483.70 CM
01/03/01	00:16 30	778391	0486.01 CM
01/03/01	00:17 00	780202	0380.19 CM
01/03/01	00:17 30	780200	0380.22 CM
01/03/01	00:18 00	781981	0354.76 CM
01/03/01	00:18 30	787426	0276.55 CM
01/03/01	00:19 00	787436	0276.40 CM
01/03/01	00:19 30	787420	0276.63 CM
01/03/01	00:20 00	794558	0173.22 CM
01/03/01	00:20 30	794550	0173.19 CM
01/03/01	00:21 00	794577	0172.94 CM
01/03/01	00:21 30	801416	0072.91 CM
01/03/01	00:22 00	801521	0071.37 CM
01/03/01	00:22 30	801577	0070.55 CM
01/03/01	00:23 00	803319	0087.55 CM

01/03/01	00:23 30	805092	0018.77 CM
01/03/01	00:24 00	805093	0018.75 CM
01/03/01	00:24 30	805094	0018.74 CM
01/03/01	00:25 00	805104	0018.59 CM
01/03/01	00:25 30	806325	0000.55 CM
01/03/01	00:26 00	806398	0000.55 CM
01/03/01	00:26 30	806424	0000.55 CM

Fig. 6. Printout of water surface elevation by the "check mode".

は装置設置直後のチェックの状況を示すプリンター結果で、年月日、時分秒、のあとにカウント数とそれから計算された水位の値 (cm) が印刷されている。これらは変換器に階段状に、海水柱約 50 cm 相当の圧力を順次にかけて、本装置計算値の精度を確認するためにチェックモードを使用したものである。この結果は十分満足できる精度を示した。

この装置は、フロッピーディスクおよびデジタルプリンターをのぞき、その他すべてフローティング充電方式の蓄電池で動作していて、最大20時間の停電に耐えるようになった。

ている。

また交流電源側に雷による衝撃電圧を減少させるフィルターを組込んである。しかし当初の見込みより効果が少かったので、其の後フィルターの強化、避雷トランスの使用など耐雷性能を強化した。

3. 得られた記録とその二、三の処理例

以上述べた長波計測装置を、江の島津波観測所に1980年3月、伊豆大島津波観測所に1981年3月、それぞれ設置した。この装置は今後 ERI-V 型津波計と呼ぶことにする。

江の島では設置後1980年7月23日に落雷により、交流回路側より衝撃電圧が入り、圧力変換器および高速演算素子を破壊した。この修理のため長期の欠測となったが、10月30日から観測を再開した。また初期調整や、大しけによる海底送電線故障のための長期停電などのための記録の中断などもあって、連続記録としては未だ十分ではない。しかし1981年3月伊豆大島への設置以来、両観測所とも安定した記録が得られつつある。ここでは現在までに得られた記録の中から、その処理方法やデータ解析の目安ともなるようなものを取り上げる。

3-1. 1981年1月19日の津波

1981年1月19日03時17分に、江の島東方約120 km の 38.5°N , 143.0°E , 深さ30 km のところに $M=6.9$ の地震が発生した(気象庁, 地震火山概況, 1981年1月による)。これに伴って小さい津波が発生し、モニターの2ペンレコーダーに Fig. 7 に示すような記録が得られた。

すなわち03時46分頃から水位が急速に約10 cm 上昇していることがみられる。それより前03時24分に津波警報が発令された。

一方フロッピーディスクにもその翌日、当日分データがコピーされたので、そのデータを大型計算機で処理し、X-Y プロッターで波形を描かせたものが Fig. 8 である。上からディスクのデータをそのままプロットしたもの、次は180 min の High-pass filter を

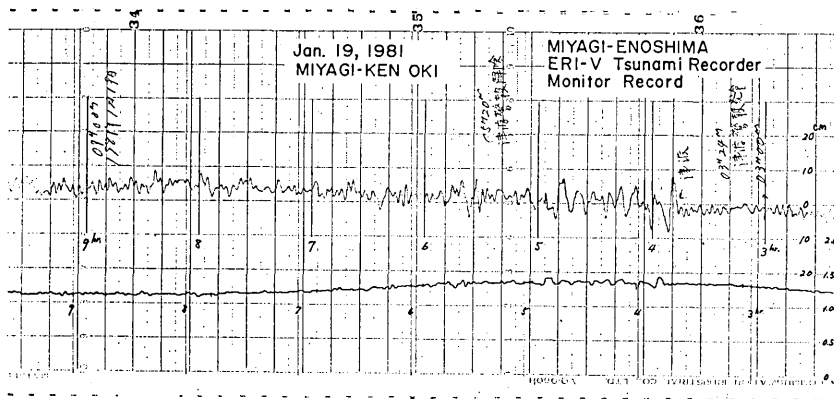


Fig. 7. Monitor record of the tsunami accompanying the earthquake on Jan. 19, 1981.

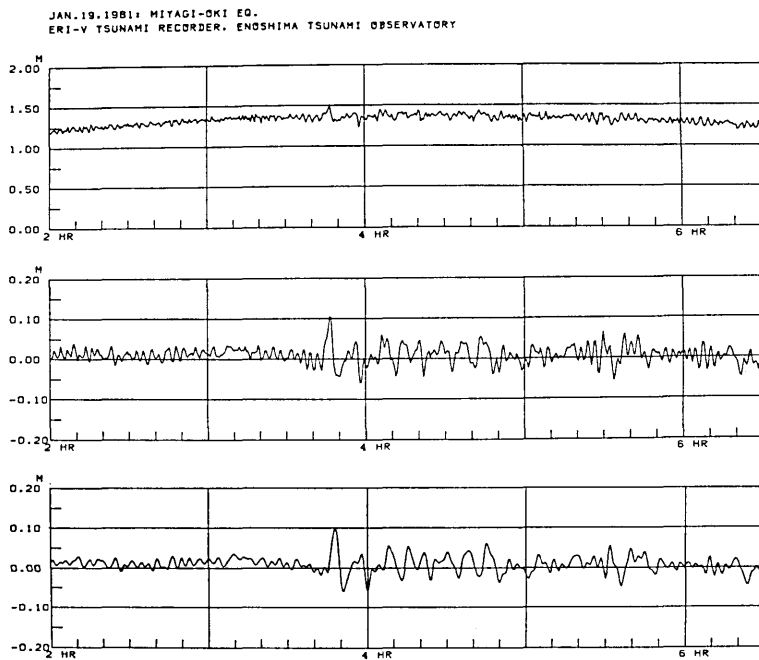


Fig. 8. Tsunami accompanying the earthquake on Jan. 19, 1981 which was drawn by a X-Y plotter making use of the data stored on the floppy disk.

upper: without filter

middle: with 180 min High-pass filter

lower: with 3 min Low-pass and 180 min High-pass filters

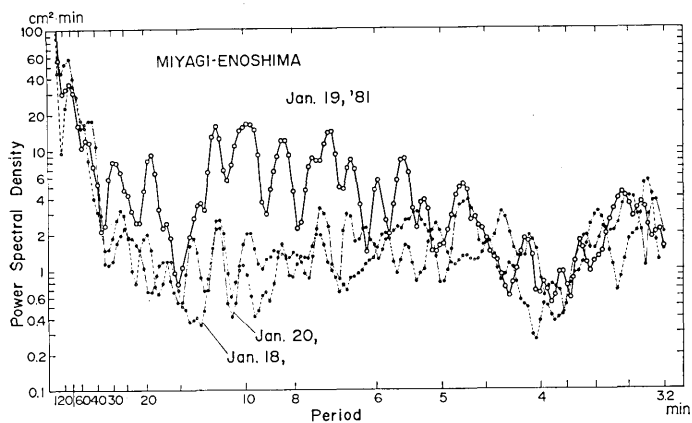


Fig. 9. Power spectrum during the 24 hours including the tsunami on Jan. 19, 1981, which is shown in comparison with the non-disturbed spectra on Jan. 18 and Jan. 20.

通したもので、下は更に 3 min の Low-pass filter を通したものである。前に示したモニター記録は、この最後のものと同じ操作がほどこされているから、波形は当然のことながら極めてよく一致している。

ここで注目したいのは中段と下段の Low-pass filter の有無による波形の相違である。下段のものは 2~3 min の短周期リップルが消去されると共に、津波の主要な波である、第 1 の山とそれにつづく谷の波形にも微妙な変化が認められる。ことに谷の振幅に相違が生じることに注目したい。

つぎにこの日のスペクトルのプリンターの印刷結果を、その前日の 18 日と次の日の 20 日の分と一緒に図にプロットしてみると Fig. 9 のようになる。津波当日の分は、15 分から 6 分までの周期の間で、スペクトルの振幅がかなり大きくなっており、ことに 10 分前後の周期では約 1 桁大きい値となっている。これは津波の主要なエネルギーが 10 分程度の周期の波にあったことを示唆している。また 20~30 分程度の周期帯でも、スペクトルのレベルの上昇が認められ、この周期の海水振動が津波によって励起されていることもうかがえる。

このスペクトルは 24 時間データによる定常処理のものであるので、津波のはじまる前、また津波の影響がほとんどなくなった後の部分も含まれている。したがってフロッピーディスクに蓄えられたデジタルデータを利用して、更に注意をはらった解析が必要であろう。しかしこのように毎日得られるスペクトルからでも、何等かの擾乱源がある場合にはその情報を得ることが出来ることを示している。

3-2. 常時長波スペクトル

前項で津波のスペクトルについて触れたが、そのような特別な擾乱源のない日のスペクトルを Fig. 10, (a), (b) に示す。それぞれ江の島および伊豆大島におけるものである。実線は本装置による計算のプリンター出力をプロットしたもの、点線はフロッピーディスクのデータから大型計算機によって計算したものである。但し使用した High-pass filter の特性の相違のため、全般にレベルが少し違っているが、スペクトル計算はよく一致していることが認められ、本装置の計算精度は十分であることがわかった。

前節で述べたように、スペクトルレベルの代表値を得るために、それぞれの図に A, B, ……F と記した横線と矢印で示した 6 個の帯域が選ばれた。江の島については既に行われた解析例 (相田・伊達・小山, 1970) を参考に決めたが、大島についてはデータが少いので、やや広い帯域をとって、スペクトルの全域を覆うようにとってみた。しかしこの代表帯域周期は、今後解析を進めながら検討する必要がある。

このようなスペクトルが、日によってどのように変化して行くかを概観するため、鳥瞰図をつくってみた。Fig. 11, (a), (b) はそれぞれ江の島、伊豆大島のものである。x 軸方向にスペクトルの周期、y 軸方向に日付をとってある。z 軸はパワースペクトル密度を対数値でとってある。

前図 Fig. 10 に示したようなスペクトルが、各周期成分それぞれに毎日の変動をしている様子がみられる。江の島の場合、スペクトルの山、あるいは谷の周期が、時間的に割に安定していて、稜線が直線にそろっているように見える。またスペクトル値が数日毎に大きくなったり小さくなったりしている。特に 5 月 18 日は著しく値が大きくなっている。

伊豆大島の場合はスペクトルの山、谷の周期が日によって変わり易く、一定の山の稜線

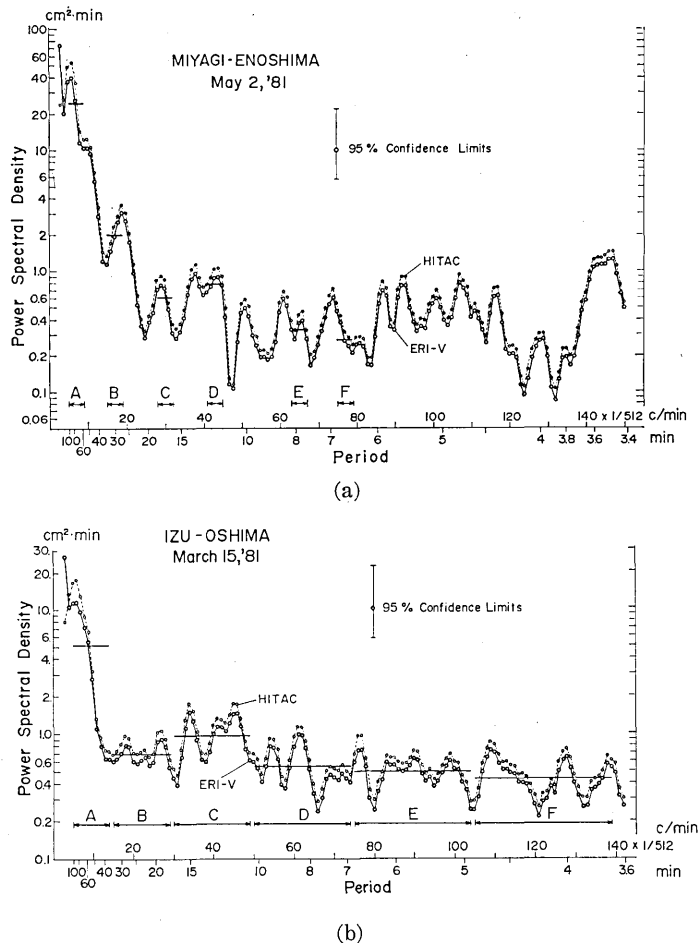


Fig. 10. (a) (b) Comparison of the power spectra calculated by this instrument and HITAC M-200 H. The small difference of spectral level is caused by the characteristics of filters. A, B, ... and F show the representative bands where the mean spectral levels are computed.

あるいは谷の線が続かない。勿論日によるスペクトルのレベルの変動は認められる。これは伊豆大島近海の海底地形にもとづく振動系は、あまり鋭い共鳴作用がないことを示しているかもしれない。

大島の3月14日のスペクトル (Fig. 11, (b) で最も上方) をもとに、その日から2~20日間のスペクトルの平均値を、その平均日数の順に上からプロットしてみると Fig. 12 のようになる。平均にあたっては、スペクトル密度はすべて対数を取り、次に周期 51.2 分より短周期側のスペクトル値の平均を求める。更に各周期のスペクトル値からこの平均レベルを差引いて基準化スペクトルとする。図に示した平均スペクトルは、この基準化スペクトルを図の左側に示す平均日数の間平均したものである。

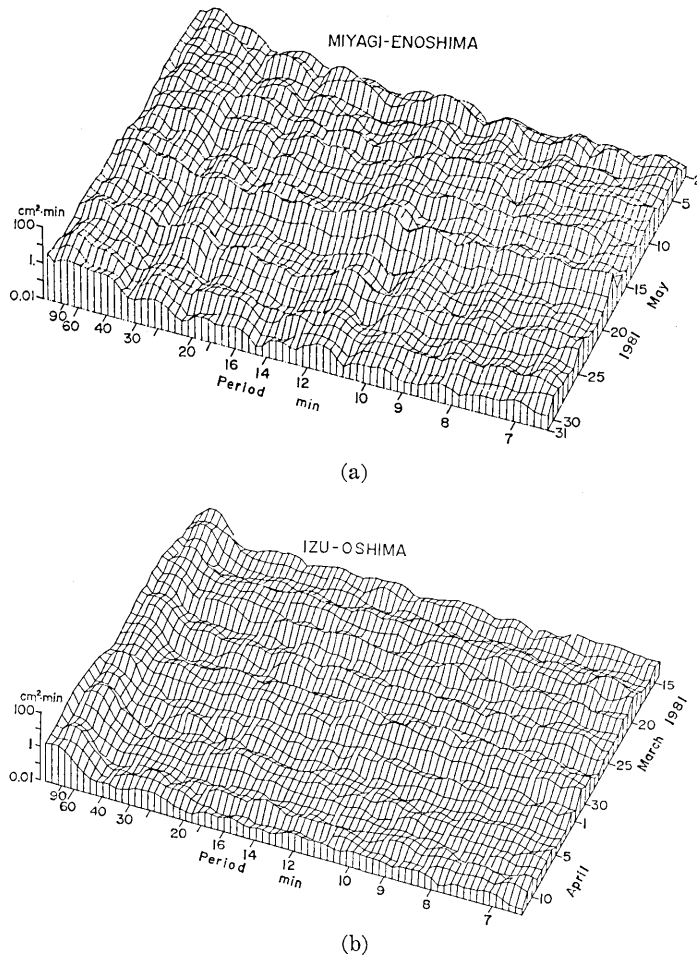


Fig. 11. (a) (b) Bird's-eye view showing the variation of power spectra.

この図をみると、2日間の平均はほとんど1日目のスペクトルと変わらず、更に4日間あたりまでもかなりよく似ていて、2~3日は安定した振動が持続していることを示している。

しかし9~10日位になるとかなりフラットな感じのものとなり、特にはじめのスペクトルに認められた30分程度の周期の明瞭な山が全然消え去ってしまっている。9~10日以降20日間平均まで、20~15分周期の間の山と谷が、ほとんど振幅もかわらずに維持されていることをみると、このあたりの周期の振動系はかなり安定したものとも考えられる。

つぎにスペクトル密度の消長について図示してみると Fig. 13, (a), (b) のようになる。(a) は江の島、(b) は伊豆大島のものを示し、ともに横軸に約2ヶ月間の日数を取り、上から A, B, C あるいは D の帯域 (Fig. 10, (a) (b) 参照) の平均スペクトル密度が示されている。更に下に各日の平均風速を示した。また円形で示した図は風向で、その日付

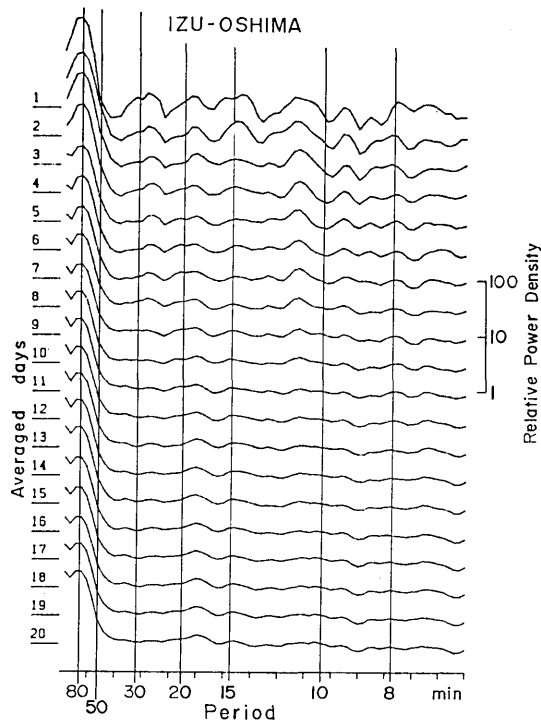


Fig. 12. Changes appearing in averaged spectra during 2 to 20 days at Izu-Oshima.

top: spectrum on March 14, 1981.

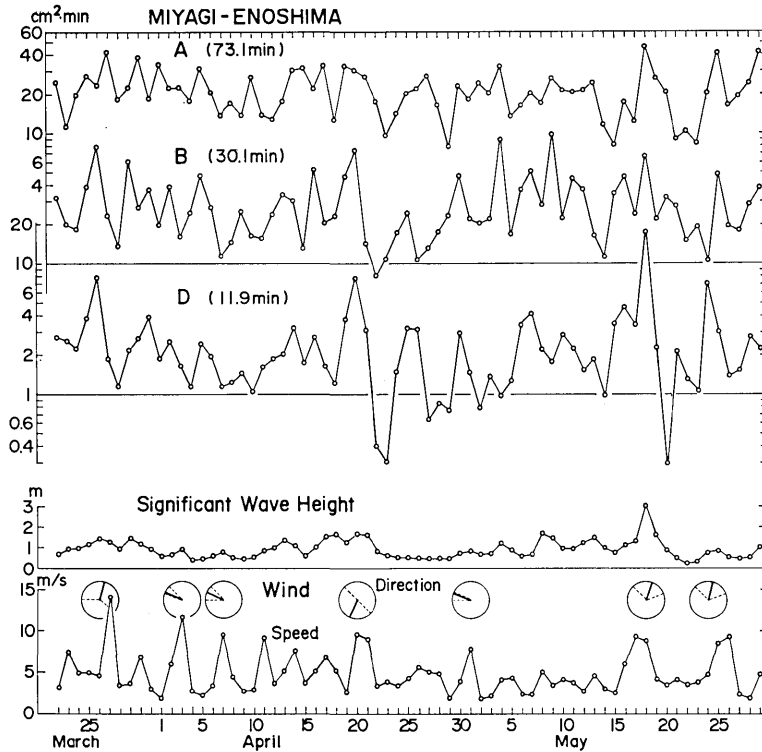
others: spectra averaged during days which are shown at the left side of an each spectrum.

に円の中心をおき、1日24回の風向の値から平均した方向を太い実線で示し、また細い点線でその日に出現した風向値の幅を示してある。江の島については、更に超音波波高計による波浪の有義波高の日平均値もプロットした（水産庁漁港課による）。

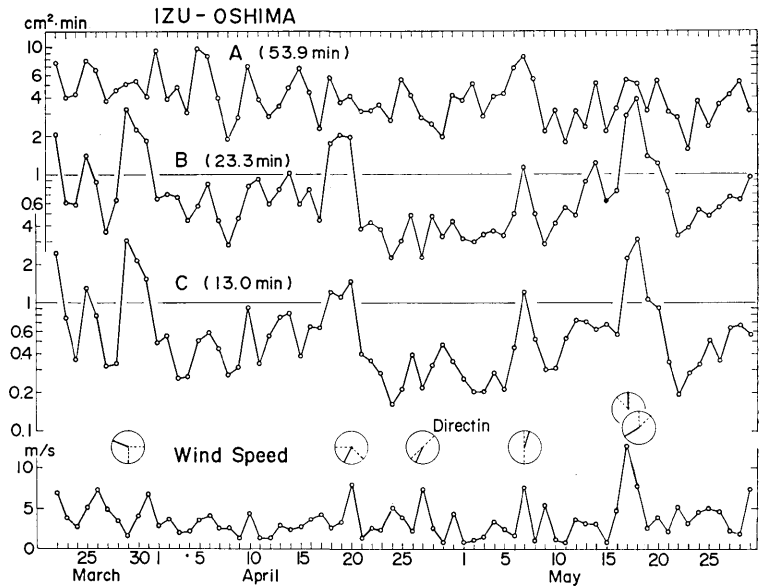
さて江の島についてみると、全般に数日乃至10日位の間隔でスペクトル密度が変動しているが、A帯域は変動幅が少なく、B、D帯域は大きい。特にD帯域は60倍に達する変動幅がある。概してスペクトル値の変化は、各帯域間で相関がよいようにみえる。

D帯域の振幅の大きい日に着目してみると、3月26日、4月20日、5月18日などであるが、風速は3月26日を除いて大きく、風向は北北東または南南西で、南北成分が卓越している。また波浪の有義波高も概して大きい。しかし風速がピークを示している、4月3日、7日、5月1日などはスペクトルは大きくなっていない。その場合の風向は西北西で波浪も小さい。

大島に関してみると、B、C帯域の変動の相関は非常によいが、A帯域はかなり異っていて、AとBで通常はほぼ1桁違っているパワーレベルが、ほぼ同値にまでBが増大することがある。4月20日、5月18日はB、C帯域でピークになっているが、これは江の



(a)



(b)

Fig. 13. (a) (b) Time variations of spectral level at representative bands. Thick line in the wind direction shows the mean direction and thin dotted line shows the fluctuating range of the wind direction on that day.

島と同日であって、約 500 km 離れた両方の海域で共通して長周期波が卓越していたことがわかる。この両日は風速はいずれもかなり大きく、風向は南西かそれよりやや西であった。しかし3月29日 B, C 帯のピークの際は風は微弱であり、風向はほぼ西北西である。また4月27日の風速ピークで風向が南西の時でも、B, C 帯域のスペクトル密度は谷になっている場合もある。

海岸付近の長周期波については、励振源についても、またそれに応答する振動系についても、その機構がわかっていない部分も多い。既に断片的なデータについての解析は行われているが(相田・伊達・小山, 1970 など)、この装置によって通年の長周期波の特徴をつかむことが出来るので、今後の資料の蓄積でこの問題にもっとはっきりした結果を求め得ることが期待される。

4. む す び

新しい長波計測装置, ERI-V 型津波計について、装置の概要と得られる記録例について述べた。本報告は装置の紹介を主な目的とするので、解析結果については今後さらに検討を加えたい。

この装置はデジタルの記録が得られるので、データ解析の精度、速度などがすぐれており、また多様な解析方法が使用出来る。今後のデータの蓄積によって、長周期海洋波の情報量が著しく増大し、この面の研究に大きく寄与出来ることと期待される。

また津波など特別な擾乱の記録については、従来アナログ記録を必要なむきに提供して来た。しかしこの装置の設置によって、図化されたアナログ記録として提供する以外に、必要によっては数値として、カードあるいはプリントによって提供できることになる。

また現在のところスペクトルなど計算結果は、デジタルプリンターに印刷出力しているが、多くのスペクトルを更に処理解析するために、直ちに計算機にかけられるようにしておく必要が痛感された。このためスペクトルなどをフロッピーディスクにも書き込むように改造することを計画中である。

謝 辞

この装置の製作・設置にあたっては、当初より地震研究所梶浦欣二郎教授に適切な助言を頂き、また梶浦研究室の方々にお世話になった。装置の製作については地震研究所技術部の方々、株式会社ユニオンエンジニアリング小梨昭一郎氏、株式会社小野測器八木秀滋氏にお世話になった。また江の島の波浪については、水産庁漁港課の御好意によりデータをつかせて頂いた。ここに記して以上の皆様に御礼申上げる。

またフロッピーディスクのデータの読出し、解析には東京大学大型計算機センターを利用させて頂き、鳥瞰図作製のプログラムは、同センターライブラリー J6/TC/BLO を使用した。併せて感謝の意を表する。

文 献

- 相田 勇, 1962, 長周期波記録計の製作, 地震研究所彙報, 40, 545-560.
- 相田 勇, 1978, 1978年宮城県沖地震に伴った津波の数値実験, 地震研究所彙報, 53, 1167-1175.
- 相田 勇・伊達大喜・小山盛雄, 1970, 宮城江の島において観測される長周期海面動揺, 地震研究所彙報, 48, 983-997.
- AIDA, I., 1967, Water level oscillations on the continental shelf in the vicinity of Miyagi-Enoshima, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 45, 61-78.
- AIDA, I., T. HATORI, M. KOYAMA, H. NAGASHIMA and K. KAJIURA, 1972, Long-period waves in the vicinity of Onagawa (I) —Field measurements in Onagawa and Okachi Bays —, *Jour. Oceanogr. Soc. Japan*, 28, 207-219.
- PAROS, J.M., 1976, Digital pressure transducers, *Measurements & Data*, Issue 56, Vol. 10, No. 2.
- 高橋龍太郎・相田 勇, 1961, 津波スペクトルの研究, 地震研究所彙報, 39, 523-535.
- 高橋龍太郎・相田 勇, 1962, 伊豆大島で観測された長周期波の周期分析, 地震研究所彙報, 40, 561-573.

26. *The New Tsunami Recorders (ERI-V) at the Enoshima and the Izu-Oshima Tsunami Observatories.*

By Isamu AIDA, Daiki DATE, Shiko SAKASHITA and Morio KOYAMA,

Earthquake Research Institute.

New instruments for measuring long-period ocean waves were installed at the Enoshima Tsunami Observatory in March 1980 and at the Izu-Oshima Tsunami Observatory in March 1981. A quartz-crystal resonator applying the principle of piezoelectric excitation is used as the water pressure transducer for measurements of sea-surface variation. Values of sea surface elevation calculated from the transducer's output are successively stored at 30 second intervals to one of a pair of IC memories which are alternately used every other day. The data on the memory, which consists of 2880 samples every day and can be automatically or manually copied on a floppy disk to preserve them the next day, is expressed by integers of six figures in 0.1 milli-meters.

Tide data (0-5 m) obtained by low-pass filtering of 3 min and long-period wave data (± 50 cm) obtained by high-pass filtering of 180 min are converted to analog signals and recorded by a two-pen recorder as a monitor. Hourly and daily mean sea levels and power spectrum for the 24 hours data of long-period waves are computed and printed out by a digital printer.

These instruments are operating quite well at both tsunami observatories. A small tsunami (about 10 cm) accompanying the earthquake on Jan. 19, 1981 was observed at Enoshima. Spectra of long-period variations of the sea surface are obtained every day and have been analyzed as a clue to finding the general feature of shallow water oscillations. It is expected that the data accumulated by this instrument will elucidate the origin of generation and the mechanism of long-period sea surface variations.