

伊豆大島において観測される長周期海面動揺

地震研究所 { 橋 本 道 明*
相 田 勇**
坂 下 至 功
小 山 盛 雄

(昭和 61 年 1 月 31 日受理)

要 旨

伊豆大島火山観測所津波分室の1年間の水位記録をもとに、その長周期波成分について波高・周期の統計を行った。日平均有義波高・周期はそれぞれ 1.0~1.5 cm, 8~12分の階級で出現頻度が高く、季節による変動は顕著にみられない。また比較的静穏な日々の記録から常時海面動揺のスペクトルを求めた。それらには特徴的なピークが認められず、周辺の海底地形によって捕捉される長波のエネルギーレベルは比較的低い。

一方、大島周辺の海底地形にもとづく振動特性を把握するため、周囲4点で水位の同時観測を実施した。その結果、浅瀬の広がる島の西側(野増)で周期8分程度の特徴的なスペクトルピークが見出された。

1. はじめに

島のまわりに捕捉される長波については、Longuet-Higgins その他によって多くの理論的な研究がなされていて、エッジ波の理論を拡張してその性質が調べられている。しかしながら実測データをもとにした解析結果はそれほど報告されていない。島棚振動を確認するためには、島の周囲複数点で長期にわたる水位の同時観測が望まれる。

地震研究所では大島町泉津にある伊豆大島津波観測所(現伊豆大島火山観測所津波分室)(Fig. 1)において津波形による常時観測を実施している。伊豆大島は外洋に面した孤立した島であって、その形状も比較的単純である。海底地形による重力長波の捕捉現象が卓越しておれば、常時海面動揺のスペクトルに特徴的なピークが現われることが期待される。

今回は当観測所で得られた比較的静穏な日の記録から常時海面動揺スペクトルを求めてみた。一方、大島の周囲4点で水位の同時観測を実施し、得られた記録をスペクトル解析した。ここではそれらの結果について報告する。

2. 泉津における常時長周期海面動揺

2.1. 長周期波の波高・周期

津波観測所の ERI-V 型津波計(相田他, 1981)によって観測された1年間の水位記録

* 現在 (財)日本気象協会中央本部

** 現在 (財)地震予知総合研究振興会

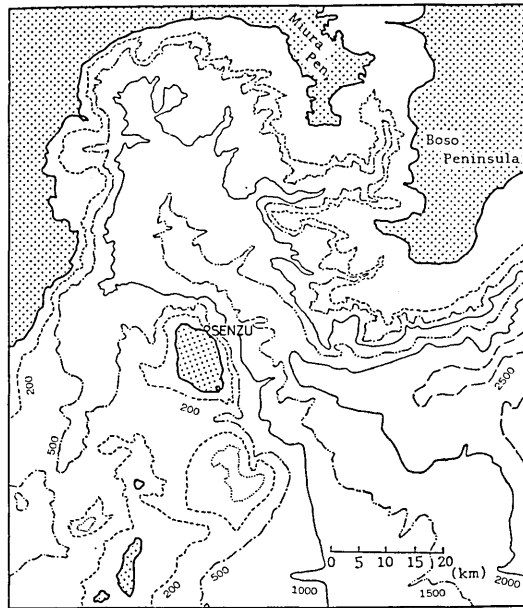


Fig. 1. A bathymetric map near Izu-Oshima.

をもとにその長周期波成分について波高・周期を算定する。まずサンプリング間隔 30 秒で収録された水位記録に移動平均操作を施して、周期 2.5 分～60.5 分のバンドパスフィルターを通した時系列を作成する。この時系列を毎日 0～6 時、6～12 時、12～18 時、18～24 時の 4 つの区間にわけて、ゼロアップクロス法により各区間の長周期波の最大波高 (H_{\max}^l) とその波の周期 (T_{\max}^l)、有義波高 ($H_{1/3}^l$) とその周期 ($T_{1/3}^l$) を求める。有義波高は通常、短周期波浪の解析の際に定義されているが、ここでは長周期波に対しても全く同一の定義として求めた。こうして得られた $H_{1/3}^l$, $T_{1/3}^l$ の日平均値 ($\bar{H}_{1/3}^l$, $\bar{T}_{1/3}^l$) をもって、その日の長周期波の挙動を代表させよう。

Fig. 2 は 1982 年 8 月 1 日～1983 年 7 月 31 日までの 1 年間の $\bar{H}_{1/3}^l$, $\bar{T}_{1/3}^l$ の消長をあらわしたものである。この図によると泉津では通常、波高 1～2 cm 程度、周期 8～15 分程度の長周期波が存在するが、季節による変化は顕著ではない。大島近海を低気圧が通過、台風が接近、深い気圧の谷が通過するなど気象擾乱にともなって高波高となっている。特に強い気象擾乱の場合は $\bar{T}_{1/3}^l$ が短周期になる傾向がみられる。各月の H_{\max}^l の一覧を Table 1 に示した。なお備考欄には長周期波の発達と直接・間接的に関係すると思われる気象関連事項が載せてある。対象期間中、最大の長周期波は 1982 年 10 月 9 日 12～18 時に起っており、最大波高 32.25 cm (周期 6.5 分)、有義波高が 16.6 cm (周期 8.3 分) に達している。これは台風 21 号が八丈島南東海上から大島東海上を通過した時に起ったものである。

Fig. 3 (a) および (b) はそれぞれ $H_{1/3}^l$, $T_{1/3}^l$ の階級別出現率を毎月ごとに示したものである。'82 年 9 月及び 10 月はしばしば台風が大島近海を接近・通過しており、高波高・

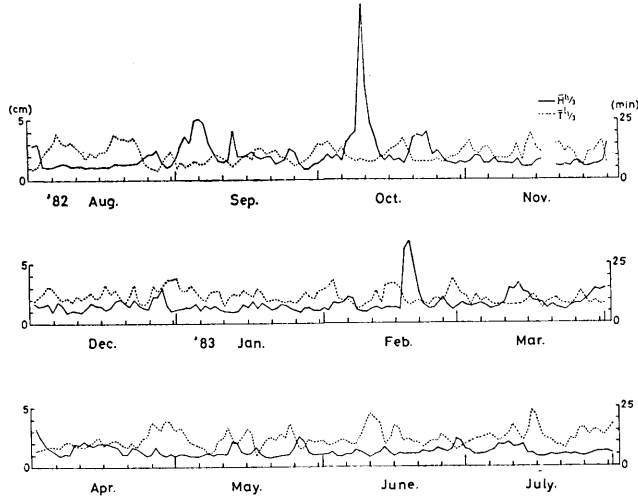


Fig. 2. Time variations of $\bar{H}^l_{1/3}$ and $\bar{T}^l_{1/3}$.

Table 1. Monthly maximum values of H^l_{max} .

起 時	H^l_{max} (cm)	T^l_{max} (min)	$H^l_{1/3}$ (cm)	$T^l_{1/3}$ (min)	WD	WS (m/s)	備 考
'82 8 2 0-6	8.07	4.00	5.46	3.93	*	14.5	台風10号 渥美半島上陸後日本海へ
9 5 6-12	10.27	5.50	5.91	6.67	NE	6.5	台風15号 八丈島の南海上~東海上
10 9 12-18	32.25	6.50	16.62	8.30	N	14.5	台風21号 八丈島の南海上~東海上
11 30 12-18	7.67	12.50	4.19	5.99	SW	10.0	二つ玉低気圧 関東の東海上へ通過
12 28 12-18	5.60	23.00	3.14	17.77	ENE	4.7	冬型
'83 1 18 12-18	4.88	14.50	2.33	11.36	N	14.2	低気圧 南岸沿いから八丈島付近通過
2 18 0-6	17.52	7.00	10.33	7.06	N	12.6	低気圧 発達しながら南海上より北東進
3 11 0-6	5.33	9.00	3.31	7.66	N	9.0	冬型
4 2 0-6	5.77	11.50	2.94	7.52	SW	10.3	二つ玉低気圧 四国沖より北上
5 26 6-12	4.48	9.00	3.16	8.70	NE	10.7	弱い気圧の谷の通過
6 28 6-12	4.50	7.00	2.45	6.48	NE	8.5	梅雨小康 北方を寒冷な谷の通過
7 9 6-12	4.41	24.50	2.62	13.18	E	3.0	梅雨前線 南海上に停滞

短周期側にずれているが、多くは $H^l_{1/3}$ で 1~1.5 cm, $T^l_{1/3}$ で 8~12 分の出現率が高く、季節的な分布の変化は顕著でない。なお通年の $H^l_{1/3}$, $T^l_{1/3}$ の階級別出現頻度を Table 2 に示した。これによれば波高の最頻階級は 8~10 分 (23.55%) であり、複合分布では波高 1.0~1.4 cm, 周期 10~12 分の階級で最頻 (10.06%) となっている。波高が大きいところまで延びているのは、周期が比較的短い 6~8 分の階級であり、また周期の長いところまで延びているのは、波高が比較的低い 1.0~1.4 cm の階級に限られるという顕著な特長が認められる。なお $H^l_{1/3}$ が 6 cm を越えたのは 1 年を通じわずか 12 ケース (0.83%) にすぎなかった。

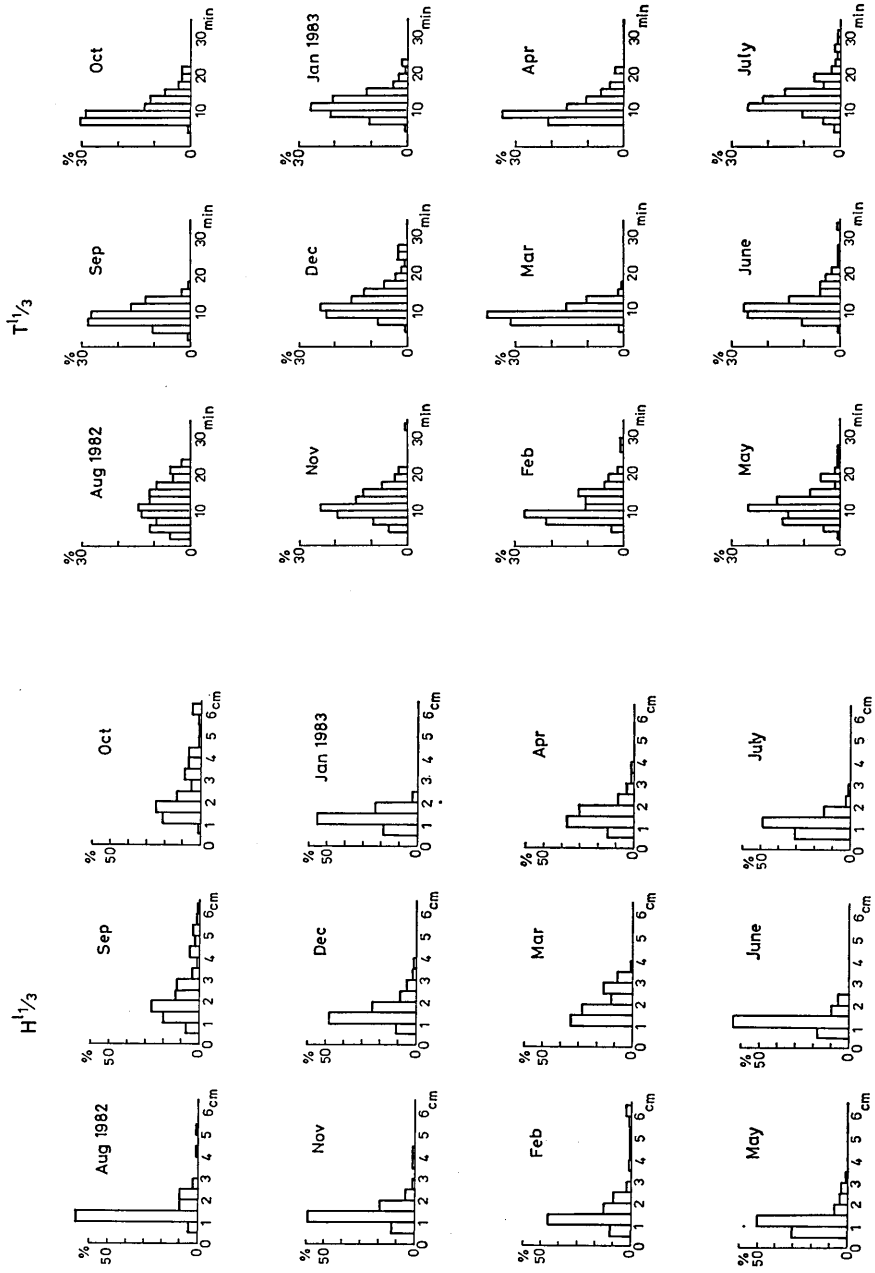


Fig. 3. (b) Monthly frequency distribution of $T^{1/3}$.

Fig. 3. (a) Monthly frequency distribution of $H^{1/3}$.

Table 2. Frequency distribution of $H_{1/3}^I$ versus $T_{1/3}^I$.

$T_{1/3}^I$ (min)	$H_{1/3}^I$ (cm)	0.5~0.9	1.0~1.4	1.5~1.9	2.0~2.4	2.5~2.9	3.0~3.4	3.5~3.9	4.0~4.4	4.5~4.9	5.0~5.4	5.5~5.9	6.0~	Total
2~4														9 (0.62)
4~6		4 (0.28)	1 (0.07)	1 (0.07)	2 (0.14)	2 (0.14)	2 (0.14)	3 (0.21)	1 (0.07)					51 (3.51)
6~8		32 (2.20)	75 (5.17)	33 (2.27)	25 (1.72)	25 (1.72)	15 (1.03)	7 (0.48)	12 (0.82)	6 (0.41)		4 (0.28)	7 (0.48)	245 (16.87)
8~10		49 (3.37)	130 (8.95)	79 (5.44)	36 (2.48)	22 (1.52)	11 (0.75)	6 (0.41)	3 (0.21)			2 (0.14)	4 (0.28)	342 (23.55)
10~12		42 (2.89)	146 (10.06)	69 (4.75)	25 (1.72)	5 (0.34)	3 (0.21)						1 (0.07)	291 (20.04)
12~14		32 (2.20)	118 (8.15)	44 (3.03)	13 (0.89)	1 (0.07)								208 (14.33)
14~16		19 (1.31)	75 (5.17)	28 (1.93)	4 (0.28)	3 (0.21)	1 (0.07)							130 (8.95)
16~18		10 (0.69)	39 (2.69)	11 (0.75)	2 (0.14)	2 (0.14)	1 (0.07)							65 (4.48)
18~20		9 (0.62)	29 (2.00)	8 (0.55)	1 (0.07)	1 (0.07)								48 (3.31)
20~22		4 (0.48)	22 (1.52)	3 (0.21)	1 (0.07)			1 (0.07)						31 (2.13)
22~24		1 (0.07)	7 (0.48)	2 (0.14)										10 (0.69)
24~26			8 (0.55)					1 (0.07)						9 (0.62)
26~28			8 (0.55)											8 (0.55)
28~30			1 (0.07)	1 (0.07)										2 (0.14)
30~32		1 (0.07)	1 (0.07)											1 (0.07)
32~														2 (0.14)
Total		203 (13.98)	674 (46.42)	287 (19.77)	121 (8.33)	66 (4.55)	33 (2.27)	18 (1.24)	19 (1.31)	6 (0.41)	7 (0.48)	6 (0.41)	12 (0.83)	1452 (100.00)

2.2. 代表周期帯のスペクトル密度の消長

ERI-V 型津波計は日々フロッピーディスクに代表周期帯域の平均スペクトル密度を収録しているが、その時間的変化の一例を Fig. 4 (a) 及び (b) に示した。図において横軸

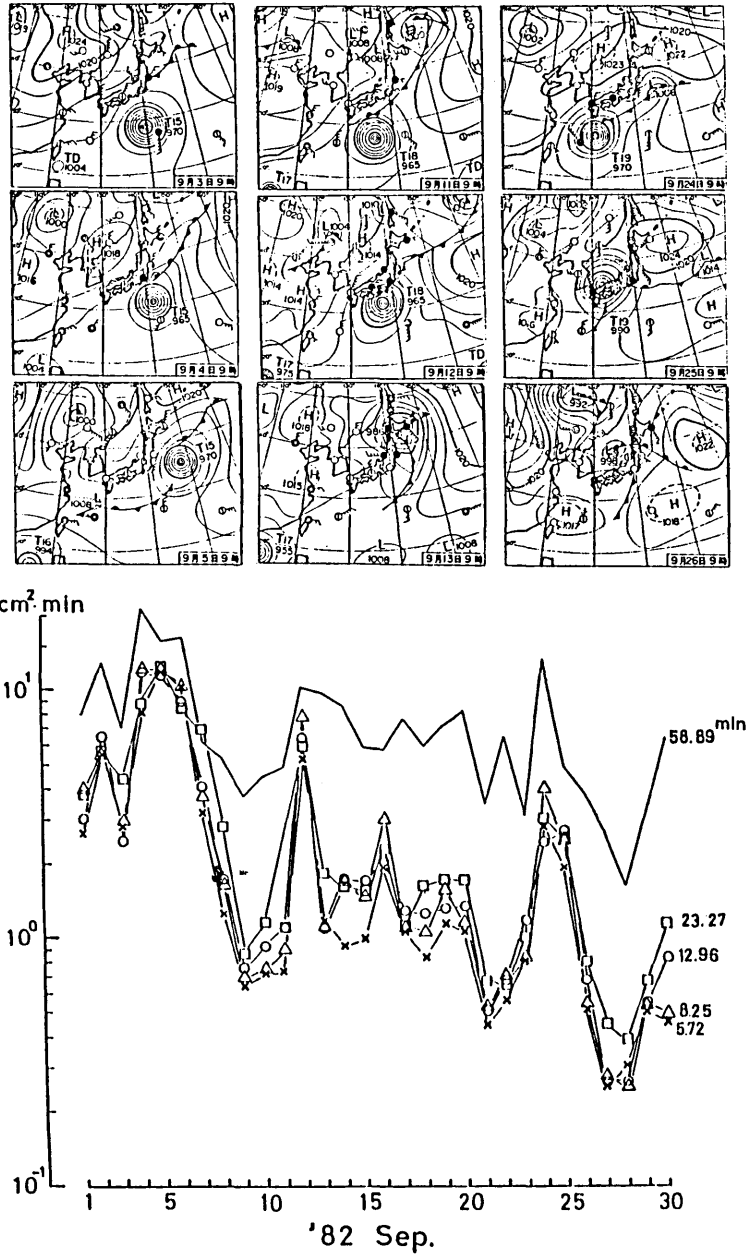


Fig. 4. (a)

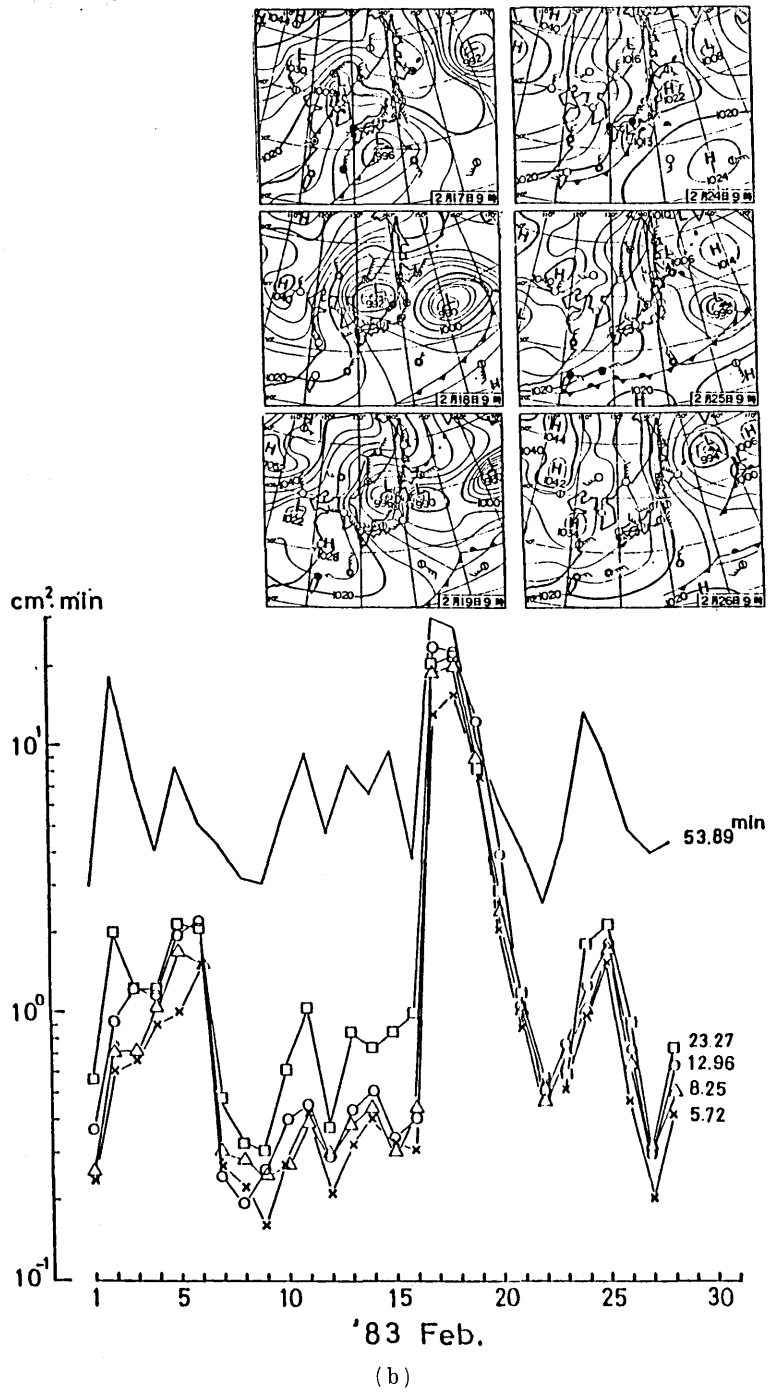


Fig. 4. Time variations of power spectral density in representative periods; (a) September 1982, (b) February 1983.

は日数であり、5本の曲線はそれぞれ中心周期 $T=53.9, 23.3, 13.0, 8.3, 5.7$ 分のパワースペクトル密度である。以下それぞれの中心周期に対応して長周期側から A, B, C, D, E の帯域とする。これによれば B~E 帯域の変動の相関はきわめて良好であって、レベルも似かよっている。A 帯域は B~E 帯域に比べ通常パワーレベルが1桁異っているが、これはハイパスフィルターで潮位レベルがぬけきらなかったためであろう。大島近海を発達した低気圧が通過する場合 ('83年2月17~19日) や台風が南海より東北進する場合 ('82年9月4~6日, 12日, 24~25日) には、A 帯域のパワーレベルとほぼ同値にまで B~E 帯域が増大している。しかしこのように擾乱にともなって全体的にレベルは上昇するものの、特徴的な周期帯域で特に増幅される傾向はみられない。このことは泉津に関するかぎり、大島近海の下地地形にもとづく振動系はあまり鋭い共鳴作用を示さないことを示唆している。

2.3. 常時海面動揺のスペクトル

比較的静穏な日の記録から、泉津における常時海面動揺のスペクトルを求めてみる。まず '82年8月1日から '83年7月31日までの1ヶ月間について、前述した B~D 帯域のレ

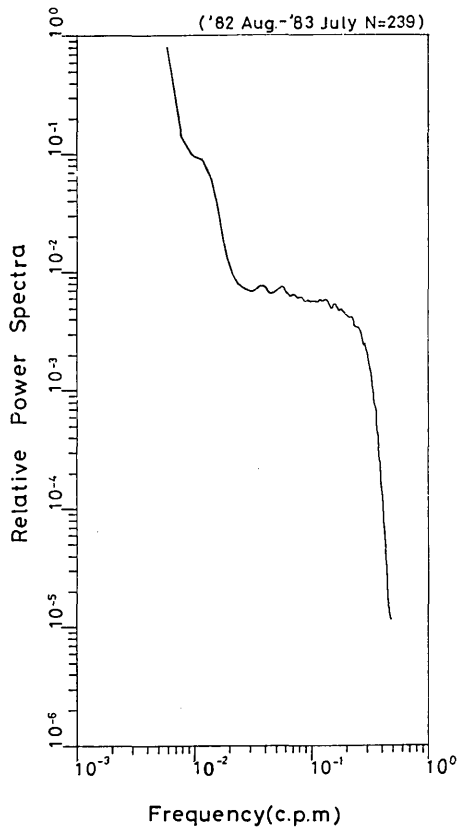


Fig. 5. Spectrum of the back-ground fluctuations at Senzu.

ベルが $10^0 \text{ cm}^2/\text{c. p. m}$ 以下である各日のスペクトルを抽出する。これは結果的に、気象擾乱が大島近海に見出された日々のスペクトルを除外したことに対応している。各日のスペクトルレベルはなおかなり変動しているのをこれを規格化し、相対的なパワースペクトルを求める。こうして得られた多数の規格化されたスペクトルを各周波数につき日数で平均する。さらに隣接周波数に 1:2:1 の加重平均をとってスペクトルを平滑化し、これを常時海面動揺のスペクトルとする。得られた結果を Fig. 5 に示した。なお図において上述の基準で抽出した日数は 239 日である。これによれば周期 85 分, 27 分, 18 分程度に若干のピークがみられる。しかし全体として意味を持った周波数特性を示すスペクトルではなくて、いわゆるノイズの性質を持ったスペクトルといえるようである。著者の一人(高橋・相田, 1962) は大島周辺の海底勾配を与えて 1 周期の間に島を一巡するようなエッジ波の周期として 11~12 分程度を見積っている。従って、常時海面動揺のスペクトルにみられた若干のピークは島のまわりの海底地形にもとづく振動系というよりは、よりスケールの大きな現象に対応していると思われる。これは相模湾を含む振動系の特性を反映しているものか、あるいは外洋でこの程度の周期の長周期波がしばしば誘起されるものか、現時点では判断がつかない。なお宮城江の島での平常時の海面動揺のスペクトル密度は $0.01\sim 0.1 \text{ c/min}$ 程度の範囲で f^{-2} に比例することが認められている (AIDA *et al.* 1972)。泉津におけるスペクトルも $0.01\sim 0.05 \text{ c/min}$ で f^{-2} に比例するようにみえるが、 $0.05\sim 0.3 \text{ c/min}$ の高周波帯域では f^{-2} の関係よりはかなりのふくらみを示している。

3. 大島周辺での水位同時観測

Fig. 6 に示す 4 点で水位の同時観測を行なった。小松林・差木地・野増にアンデラー社の水位計 (WLR-Model 5) を設置し、'83 年 11 月 18 日~26 日にかけてサンプリング間隔 1 分の連続記録を得た。なお、泉津の水位記録は同期間 ERI-V 型津波計によってサン

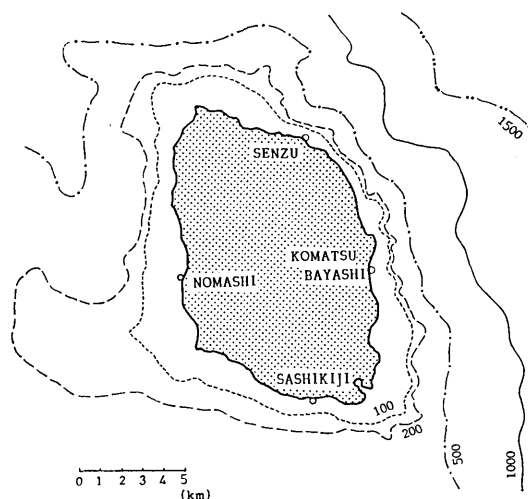
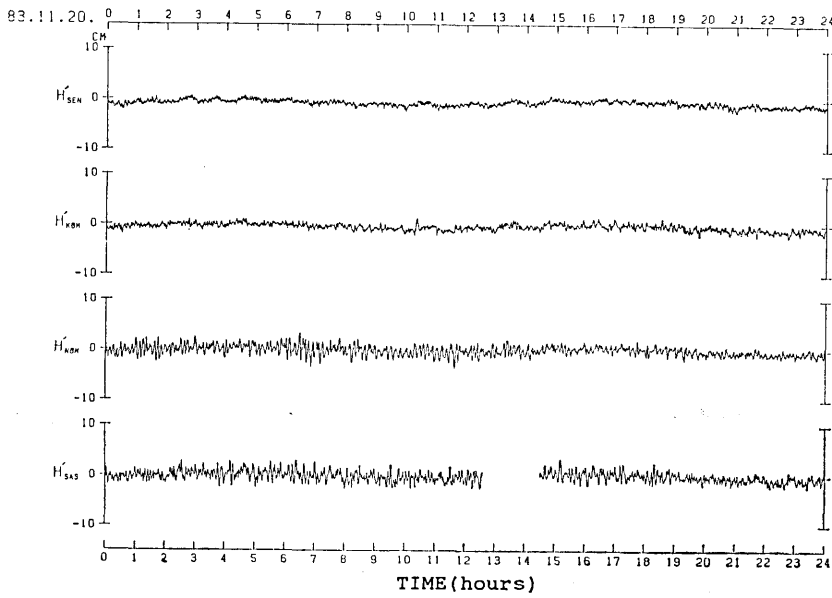
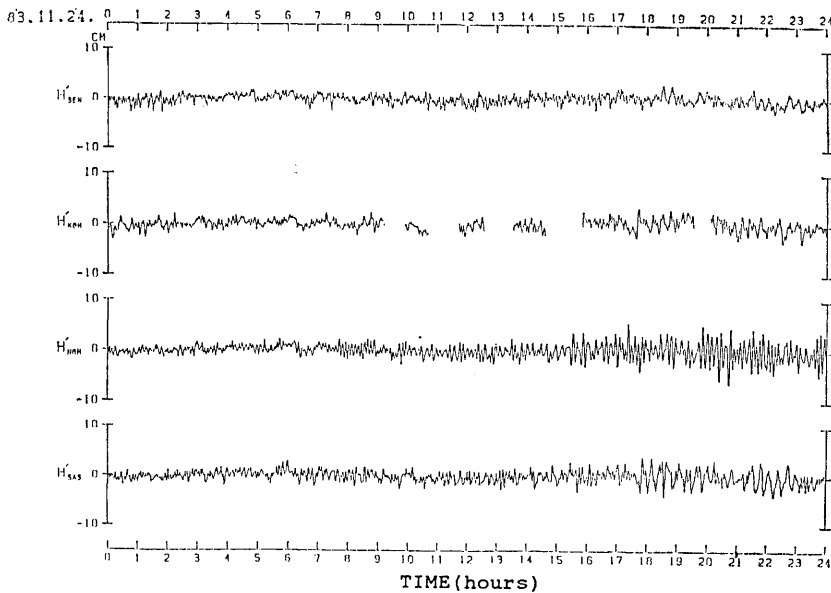


Fig. 6. Observation stations.



(a)



(b)

Fig. 7. Band-pass filtered water level records at each station; (a) on November 20, 1983, (b) on November 24, 1983. H'_{SEN} , H'_{KOM} , H'_{NOM} and H'_{SAS} mean the records of Senzu, Komatsubayashi, Nomashi and Sashikiji, respectively.

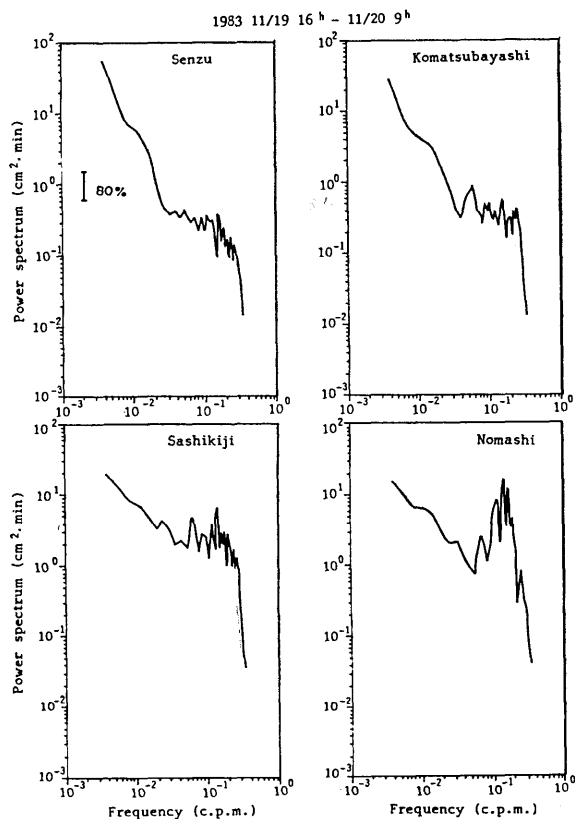


Fig. 8. (a)

リング間隔 30 秒で収録されたものを使用した。

この観測期間は測器の設置と撤収時以外、移動性高気圧に覆われて全般に好天が続き、海上は穏やかであった。Fig. 7-(a) および (b) は得られた記録に移動平均操作を施して周期 3~60 分までのバンドパスフィルターを通した一例である。11月20日は大陸の高気圧がゆるやかに張り出して日本を覆い穏やかな好天となった。平均的な全振幅をみると、島の北東部及び東側に位置する泉津・小松林は 1~1.5 cm 程度、南及び西側に位置する差木地・野増で 2.5 cm 程度となっている、一方11月24日は移動性高気圧が東へ去り本州付近は大きな気圧の谷に入った。23日午後土佐沖に発生した低気圧は、24日午前大島の南海上を通過している。このケースも平均的な全振幅は泉津・小松林に比べ野増・差木地が大きい。低気圧の接近・通過にともなって野増・差木地の波高も漸次増大しており、同日20時頃には野増で 10 cm 近くを記録している。この時泉津・小松林・差木地では 15~20 分程度の周期の波が目立っているが、野増では 7~10 分が卓越している。

対応する期間の各地点のパワースペクトルを各々 Fig. 8-(a), (b) に示す。これらは前掲のバンドパスフィルターを通した時系列をもとに、17.1 時間の長さのデータのスペクトルを FFT 法により求めたものである。4 観測点において、相互に 2 点間のコヒーレン

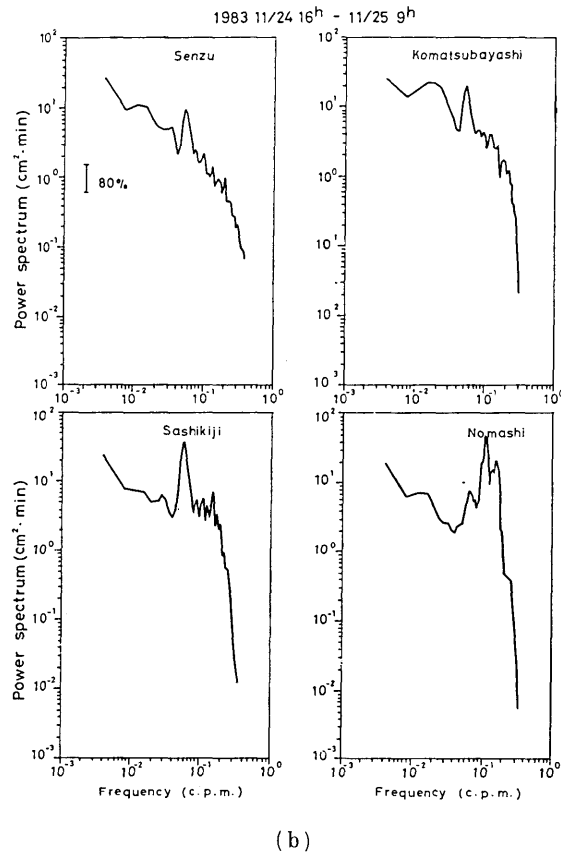


Fig. 8. Power spectrum at each station; (a) on November 20, 1983, (b) on November 25, 1983.

スを求めたが、長周期域を除いて一般にコヒーレンスは不良（周期 30 分程度以下で 0.4 以下）で位相差を議論することは困難であるので、各地点のスペクトルピークに注目することにする。まず各地点でみられる周期 15~20 分程度のピークは、今考えている島の周囲近傍の問題よりスケールの大きな現象に対応しており、ここでは議論しない。より短周期に注目すると、パワーレベルは泉津・小松林に比べ差木地・野増が高いこと、また野増で周期 8 分前後にレベルの高いピークがみられることが特徴となっている。他の観測日のデータについて同様にスペクトルを求めてみたところ、野増の周期 8 分程度のピークはかなり定常的にみられた。一方、泉津・小松林では有意なピークを示さない場合が多く、Fig. 8-(b) に示されるように低気圧が大島の南海上を通過しても、全体的に各周波数帯域のエネルギーレベルが増大しているだけで、特徴的な帯域での増幅効果はみられない。しかし島の東側の泉津・小松林のレベルの増大は西側の野増・差木地のそれよりかなり大きいことは特徴的である。

4. む す び

伊豆大島泉津で得られた常時海面動揺のスペクトルには特徴的なピークが認められない。すなわち周辺 seabed 地形により捕捉される長波のエネルギーレベルは比較的 low, 広い周期帯に雑音的に分散している。大島周辺の seabed 地形は極めて非対称であり、島の西側には大きく浅瀬が広がっている。今回の水位観測によれば、野増で周期 8 分程度の特徴的なスペクトルピークが定常的に見出された。このピークは西側の浅瀬に基づく振動特性を反映しているものかもしれない。これを確かめるためには大島周辺の現実的な seabed 地形を与えて数値実験を行ない、島の応答をより定量的に検討することが必要である。これらの問題に関しては HASHIMOTO (1986) が検討を行っているので、ここでは触れない。

5. 謝 辞

この報告をまとめるにあたって有益な御助言、示唆を頂き御指導下さいました、梶浦欣二郎教授に深く感謝いたします。データの解析には、東京大学大型計算機センターの HITAC M 200 H, M 280 H を使用した。併せ記して感謝の意を表する。

文 献

- AIDA, I., T. HATORI, M. KOYAMA, H. NAGASHIMA and K. KAJIURA, 1972, Long-period waves in the vicinity of Onagawa bay (I)—Field measurements in Onagawa and Okachi bays—, *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **28**, 207-219.
- 相田 勇・伊達大喜・坂下至功・小山盛雄, 1981, 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), 地震研究所集報, **56**, 571-585.
- HASHIMOTO, M., 1986, The effect of asymmetric insular shelf in trapping long gravity waves around an island, *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, **61**, 67-95.
- 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, 地震研究所集報, **40**, 561-573.

*On the Characteristics of Long-period Fluctuations of the Water
Level Observed around Oshima Island*

Michiaki HASHIMOTO, Isamu AIDA, Shiko SAKASHITA and Morio KOYAMA

Earthquake Research Institute

We investigate the nature of back-ground fluctuations observed at Senzu Tsunami Observatory located on the northeastern coast of Oshima Island. According to statistics of the data during a year, the following results are obtained: (1) The wave height of long period fluctuations is about 1.0~1.5 cm and the wave period is about 8~12 min. Seasonal change of the frequency distribution is inconspicuous. (2) The back-ground spectrum is flat extending over the whole period band, and no definite tendency of the trapping waves is recognized at Senzu.

Simultaneous observations of water levels at three stations around Oshima Island were carried out from 18 to 26 November 1983. Including the routine record at Senzu Tsunami Observatory, these four data series were analyzed by means of a spectral method. It is found that: (1) at periods shorter than 10 min, the power level is higher at the western or southern station where the shoal is spread, and (2) a characteristic spectrum peak of a period of approximately 8 min can often be detected at the westernmost station (Nomashi).
