

27. 伊豆大島で観測された長周期波の周期分析

地震研究所 {高橋龍太郎
相田 勇

(昭和37年6月26日発表—昭和37年6月30日受理)

§1. 伊豆大島津波観測所

地震研究所では宮城県江の島に津波観測所を持つており、吾々はすでに長期にわたつて外洋での長周期波の観測を行い、観測結果についても報告した^{1) 2)}。しかしながら海岸線の長いわが国においては津波研究を行うには同様な観測所を太平洋岸に少くとも数ヶ所設けることが必要であると考えられる。その一つとして、伊豆大島津波観測所が開設されて、1960年秋から観測が始められた。

伊豆大島は房総半島の先端から西南約40kmの海上に位置しているが、丁度本州島弧の屈曲点にあつていて、三陸地方と東海南海地方の津波常襲地帯の間になるので、両方面からの津波を記録することができる。また伊豆マリアナ海嶺の上にあるので、海嶺における長周期波の反射屈折などの問題、海嶺に沿つての伝播などの特殊な観測ができることも期待される。観測所はこの大島の東北部、泉津漁港のすぐ東寄りの地点に設けられていて、東経139°25'、北緯34°47'に当つている。三原山の熔岩が海中に押し出して、小さい半島状の突起をいくつも作つているが、その一つの熔岩の崖を屈さくして鉄筋コンクリート製の津波計井戸が建設された。井戸の内径は1m、海底からの高さ11.85m、その内、海中部分は約5mとなつている。観測所建屋はこれより約50m離れた所にブロック造、33.3m²のものが建てられている。

Fig. 2 に示す写真は観測所の全景であつて、左方に白く見えるものが津波計井戸であり、右上方、樹の間に見える建物が観測所である。

この観測所に設置された計器は、震研IV型津波計1台、微気圧計1台、微動計1台であつて、計器の特性その他は第1表の通りである。

震研IV型津波計についての詳細は、別に報告されているが³⁾、その水理汜波器の部分は、津波計井戸内に設置されて、激浪に対して保護されている。そして津波計井戸と観測所の間は、ワイヤロープに吊り下げて、空中を張つてある、ビニールキャプタイヤコードで連絡されており、観測所内に設置した、発振増巾器および記録器によつて遠隔記録される。

1) R. TAKAHASI, K. HIRANO, I. AIDA, T. HATORI and S. SHIMIZU, "Observations at Miyagi-Enoshima Tsunami Observatory during the IGY Period," *Bull. Earthq. Res. Inst.* **39** (1961), 491.

2) 高橋龍太郎・相田 勇 「津波スペクトルの研究」地震研究所彙報 **39** (1961), 523.

3) 相田 勇 「長周期波記録計の製作」地震研究所彙報 **40** (1962), 545.

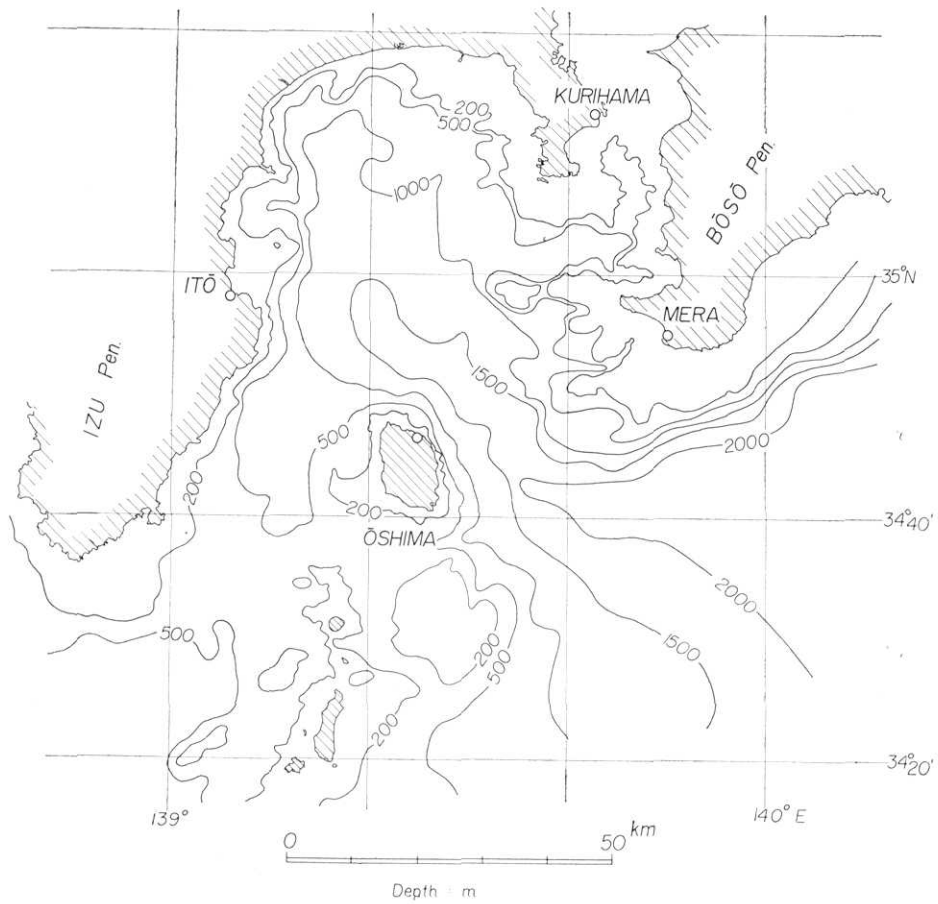


Fig. 1. A bathymetric map near Izu-Ōshima.

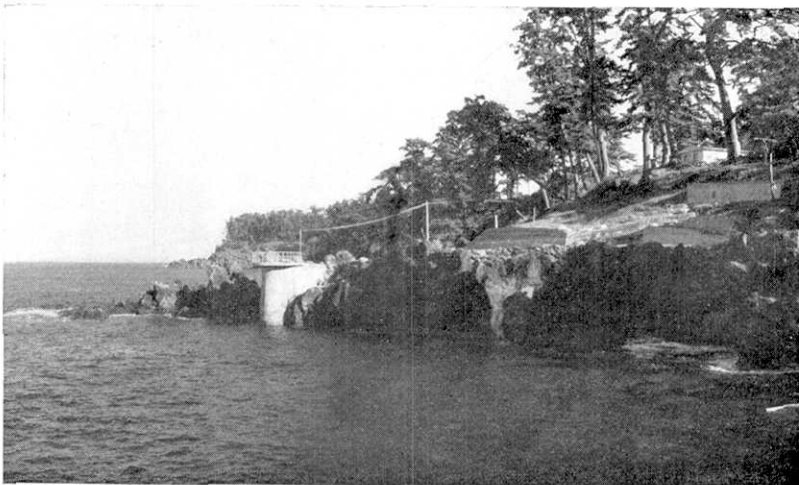


Fig. 2. General view of the Izu-Ōshima Tsunami Observatory.

Table 1.

Instruments	Characteristics		
	Range	Sensitivity	Paper Speed
ERI-IV Recorder I Tsunami Recorder II	±2.5 m	0.11 div/cm	60 mm/h
	±0.5 m	0.54 div/cm at $T=20$ min	60 mm/h
Microbarograph	±0.8 mb	24 div/mb at $T=6$ min	66 mm/h
Microseismograph	proper period 1 sec magnification 300 paper speed 1.05 mm/sec		

微気圧計は観測所内の微気圧計室に据付けられ、沓波器用空気タンクは室外土中に埋設されている。この空気タンク2個と、異なる太さの抵抗細管2個との作用で、中心周期6 minで、それより短周期側も長周期側も1オクターブ6 dbの割でレスポンスが減少するような、帯域沓波器を形成しており、沓波器のレスポンスは、油面に伏せられた2つのカップ内の圧力差として記録される。

微動計は普通の煤書き記録の、逆立振子変位計で、主として大島火山地震観測用として従来から使用されているものである。

§2. 観測記録とその周期分析

この観測所における長周期波の観測は、1960年9月より、現在まで完全に継続されているが、1960年5月24日のチリ地震津波は、観測開始以前のことと記録なく、また1961年2月27日の日向灘地震による津波は、津波そのものも比較的小規模であり、かつ遠方であつた上に丁度後述するような、back ground noiseが大きい時であつたため、津波そのものを記録の上で判別することができなかつた。従つて現在までに津波の記録は全然無いので、気象条件の異なるいくつかの場合の記録について、周期分析を行つて、back ground noiseの性質を調べることにした。周期分析は津波スペクトル分析用として報告されたウェーブアナライザー⁴⁾を使用した。

(1) 台風が接近した場合

先ず1961年10月10日早朝に房総半島先端附近に達した台風24号の際の記録について分析を行つた。台風24号の経路は、硫黄島西方海上から殆んど真直ぐ北上して、本州南方に接近してからやや東に進路を変えたもので、吾々の分析の対象とした時期は、台風が北緯25°附近から、32°附近まで北上し、接近して来る時期である。津波計の記録はFig. 3に示すように比較的長周期のものの中に短周期のものが入り混つている。この極く短い

4) 前出 2).

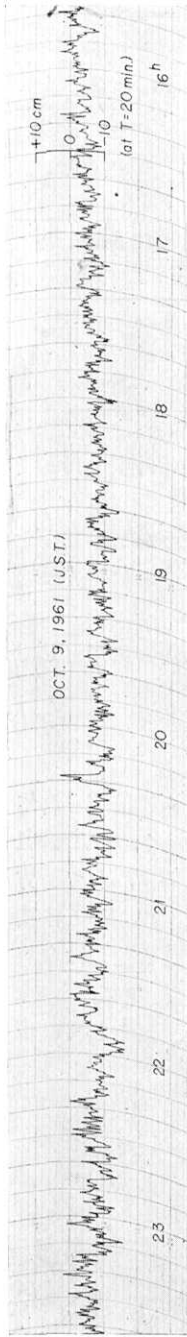


Fig. 3. Record of the tsunami recorder on Oct. 9, 1961 when the typhoon 6124 was approaching.

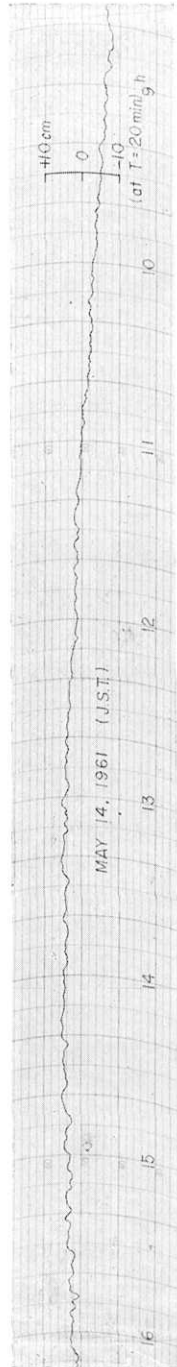


Fig. 7. Record of the tsunami recorder on May 14, 1961 when the sea was fairly calm.



Fig. 11. Record of the microbarograph on June 15, 1961.

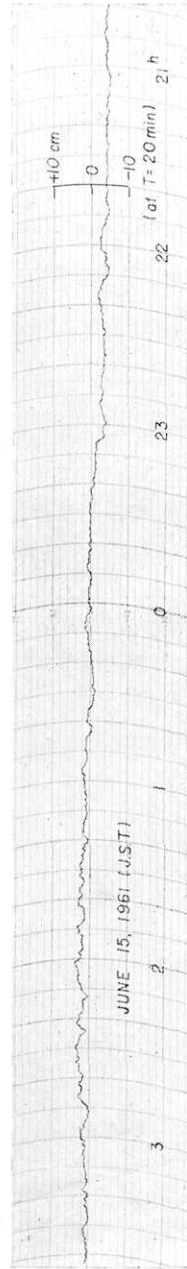


Fig. 12. Record of the tsunami recorder on the same day as Fig. 11.

周期のものは、周期 1 min から 2 min の間にあり、今各 1 時間毎の波高の最大値の時間的変化をプロットすると Fig. 4 に示す実線になる。これと風浪の波高との相関を求めた

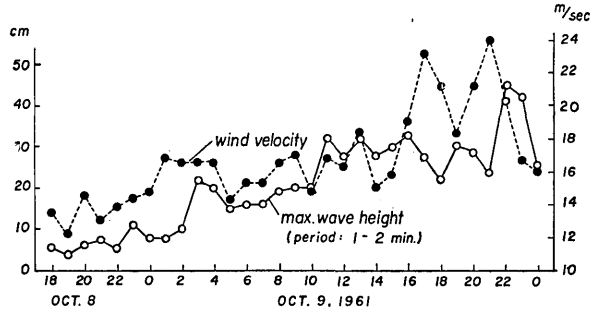


Fig. 4. Correlation between the wind velocity and the maximum wave heights of the tsunami recorder in each hour.

いのであるが、大島に波浪計の設備がないので、今仮りに風速との相関を調べて見た。風向、風速については、気象庁大島測候所の御好意により 1 時間毎のデータを頂いた。これによると風向はこの期間殆んど N であり、一部 NNE となつているが、ほぼ一方向から吹いているといつてよい。風速は Fig. 4 に点線によつて示した。これによると、津波計記録の 1~2 分周期の波の最大波高と風速とがよい相関を持つていることがわかる。これ

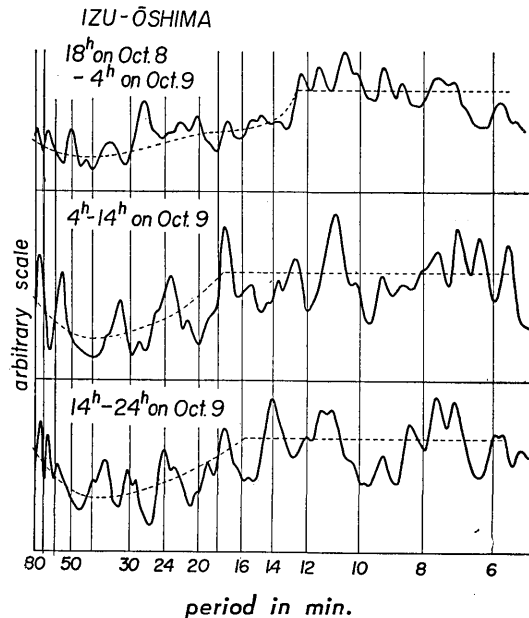


Fig. 5. Spectra of records observed at Izu-Oshima on Oct. 8~9, 1961, when typhoon 6124 approached the island.

は風速のデータの時間軸を1~2時間遅らせれば、更によく傾向が一致する。このことは風速が大きくなると共に波浪の波高が高くなり、その波浪の波高と、津波計の1~2分周期の波の波高とに、よい相関があることを間接的に示したもので、従つてこの1~2分周期の波は、恐らく Munk の述べている surf beat⁹⁾ であると思われる。

次にこの期間の記録を10時間毎に3期間に別けて、夫々を周期分析を行うと Fig. 5 に示すような結果が得られた。横軸に周期を min の単位で示し、縦軸にフーリエ成分の振巾を任意スケールで示してある。従つてここでは相対的な振巾のみが問題とされる。またスペクトルは津波計の特性の補正を行つてあり、これ等のことは以下のスペクトルについても同様である。Fig. 5 のスペクトルは、上より下へ、台風が次第に接近して、風速が増して来ている順序になつてはいるが、いずれも非常にたくさんの山が見られるけれど、特別に顕著な鋭い山は見られない。しかし 11 min 位の山は振巾も大きく、各スペクトルに共通に現われている。またスペクトル構造の大勢は図中に点線で示したように、周期 12~18 min 位より短周期側で振巾が平坦となり、それより周期の長い部分では振巾が急に減少しているように見える。そして振巾の大きい短周期部分の限界が、風速の増大に伴つて、周期の長い方へ延びている。

次にこの期間の布良(房総半島先端 Fig. 1 参照)の検潮記録を富崎測候所より頂き、同様な周期分析を行つた結果は Fig. 6 のようになる。

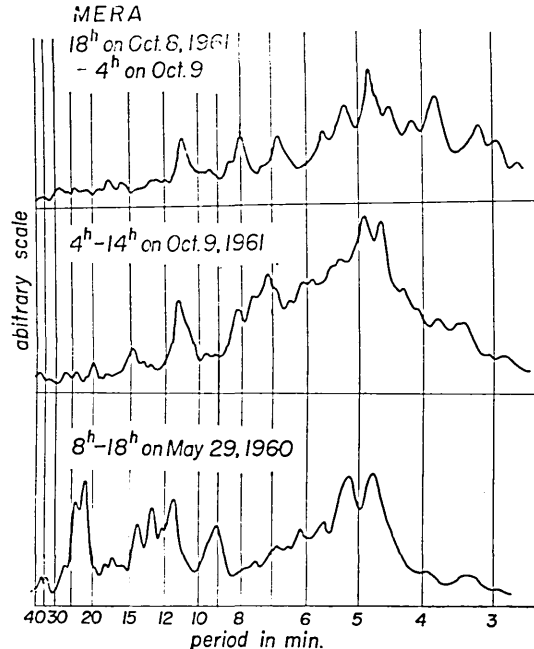


Fig. 6. Spectra of tide gauge records observed at Mera on Oct. 8~9, 1961 and May 29, 1960, later part of the Chilean tsunami.

5) W.H. MUNK, "Surf Beats" *Trans. Amer. Geophys. Union*, **30** (1949), 849.

同図の一番下に示したものは、1960年5月のチリ津波後の擾乱が静まつて来た頃の記録の分析結果である。これらは大島、房総半島の両方に関係する程度の大きな海区が振動するようなモードがあつたとすれば、両者のスペクトルに共通な卓越周期が現われるはずであるという考えで行つたものであるが、結果はそのようなものはないということになつた。

(2) 温帯低気圧が通過する場合

次に1961年5月14日から15日にかけて、三陸沖にあつた移動性高気圧が東進して、四国沖から小低気圧が、東海道南岸沿いに東進して来た場合の記録について解析を行つた。Fig. 7 に示す記録はこの前半未だ比較的静穏な部分を例として示したものである。周期分析結果は Fig. 8 に示すようになり、この上のものは前半、下のものは後半にあつた

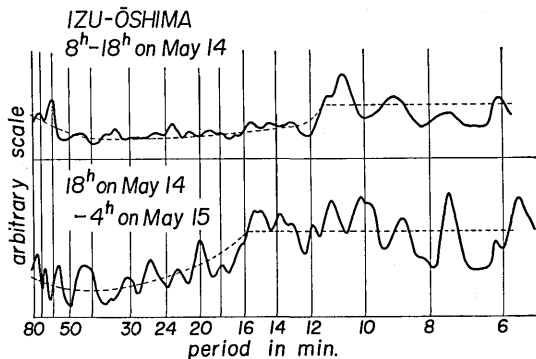


Fig. 8. Spectra of records observed at Izu-Ōshima on May 14~15, 1961 in case of the passage of a depression.

り、低気圧が通過する際のものである。この場合も 11 min の周期のものが比較的顕著である。そして図中に点線で示したスペクトル構造の大勢は、Fig. 5 のものと相似で、短周期側で振巾大きく、平坦であり、長周期側で振巾が減少する。そしてその境界の周期は前半のスペクトルが 12 分程度であるに対し、低気圧が接近した後半のスペクトルは 16 分程度に延びている。

(3) 西高東低の気圧配置の場合

次に西高東低の気圧配置で、北西の季節風が吹いているが、津波観測所のある泉津側の海上は藍になつて比較的静かな場合の例として、1961年12月25日~26日の記録を解析した。その結果は Fig. 9 に示す通りである。これを見ると振巾の大きい部分が長周期側に延びており、むしろ全周期帯に flat になつたといえるようなスペクトルを示している。そしてここでは前に見られた、11~12 分の周期のものも現われているが、更に 60 分以上の周期のものが振巾が大きくなつて目立っている。

(4) 低気圧が日本海を通過する場合

その次は 1961年5月4日から5日にかけて、低気圧が日本海を通過し、その低気圧が

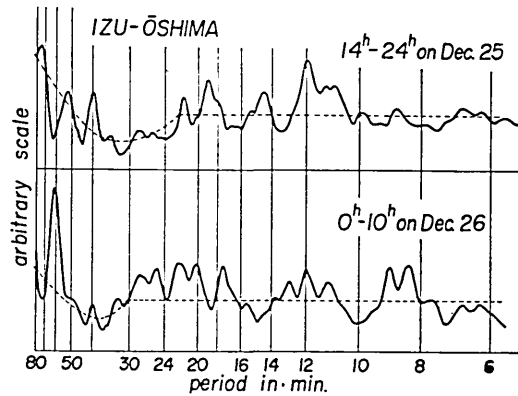


Fig. 9. Spectra of records observed at Izu-Ōshima on Dec. 25~26, 1961 in case of the monsoon.

ら南に延びる前線が、西から東へ大島を横切つた場合に得られた津波計記録の解析である。この場合も風は強風であるが、南であるので泉津附近の海上は藍になっている。そのスペクトルは Fig. 10 の通りである。上のものは 11 min の周期の振巾が目立っている

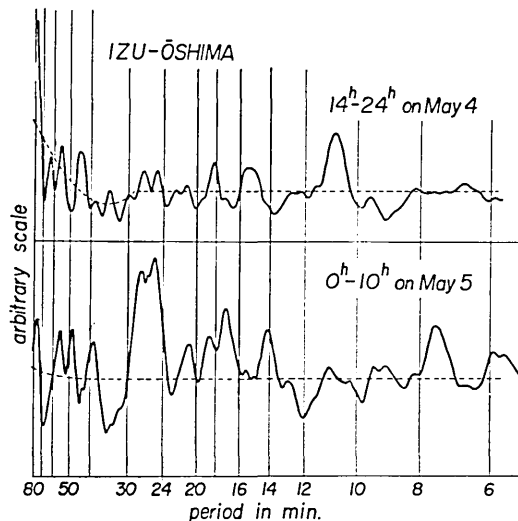


Fig. 10. Spectra of records observed at Izu-Ōshima on May 4~5, 1961 when a depression was passing through the Japan sea.

が、下のものは 25~30 min の周期のものが顕著である。これは今までに得られたどのスペクトルにも見られない顕著なものであつて、いわゆる noise というより、もう少し意味をもつた波であると思われる。事実記録の上でも 5 月 5 日 3 時頃より数山の連続した波が認められ、恐らくは前線の通過の際に何等かの形によつて励振された波であると推定され

るが、その機構は明確にすることができなかつた。この2つのスペクトル構造の大勢も殆んど平坦といつてよいかと思う。

(5) 顕著な微気圧振動がある場合

微気圧の観測記録に、非常に稀ではあるが、Fig. 11 に示すような連続したきれいな振動を記録することがある。この時は梅雨の停滞前線が東海道沿いにある場合であるが、その時に得られた津波計記録を示すと Fig. 12 のようになる。この両者を比較すると、一見かなり似た位相もあり、振巾も互に相関があるようにも見られる。しかしこの2つの記録を夫々周期分析して見ると Fig. 13 に示すように、その周期分布は殆んど一致しない。もし

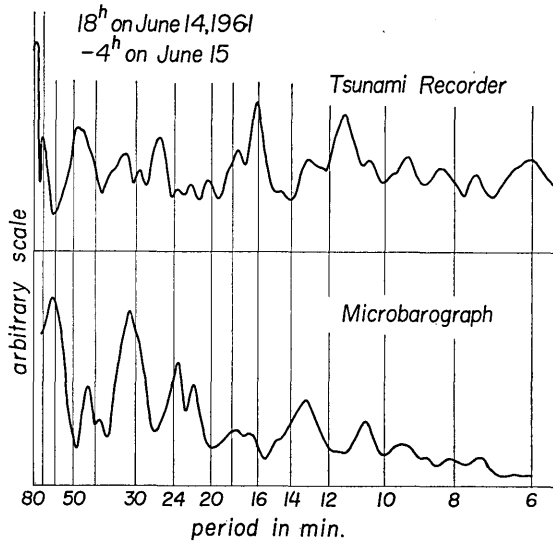


Fig. 13. Spectra of records of the tsunami recorder and the microbarograph observed at Izu-Oshima on June 15, 1961.

この微気圧変動によつて、海面に擾乱が誘起されているものとすれば、そのスペクトルの間にかなり共通な周期成分があるはずである。従つて今の結果はこの仮定を否定するものであつて、微気圧変動のみによつて海面に顕著な長周期変動を誘起しているというような、直接的な関係はなさそうに思われる。この時の津波計記録のスペクトルは、平坦に近い構造を示し、11~12 min と 16 min 位に山が見られ、更に 70 min 以上に大きい振巾が現われている。

§ 3. 周期分析結果についての考察

以上数種の場合についての津波計記録の周期分析を行つたが、結果は比較的数少ない鋭い振巾の山があるというようなものでなく、非常に数多くの小さい山が現われている。従つて意味を持った周期的な波のスペクトルではなくて、いわゆる noise の性質を持ったスペクトルといえるかと思う。しかし非常に複雑な構造のスペクトルではあるが、次のよ

うにいくつかの特徴を持つているように考えられる。

上に挙げて来たスペクトルの中で、比較的振巾が大きく、また種々な状態の場合にも出易い周期成分として11~12分位の周期のものがある。今大島の島の廻りを edge wave の速度、 $c=(gT \sin \beta)/2\pi$ で、1周期の間に島を一巡するような波の周期を求めると、大島は西側が20m等深線まで約600m、東側が20m等深線まで約200~300m位であるから、これで計算すると、12.3min または 11.6min の程度となる。即ち、11~12分の周期成分は、島の周囲を廻る静振であるという可能性がある。従つてまたこれよりも短周期側の成分は、殆んど島のごく近傍に原因を持つているものと考えられる。

また先に述べたスペクトルの内、殆んど平坦な構造を示すものと、短周期側で振巾の大きいものがあることが指摘されたが、今スペクトル構造の大勢のみを一まとめに図示すると Fig. 14 に示すようになる。これは Fig. 5, Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10 の各図に点線

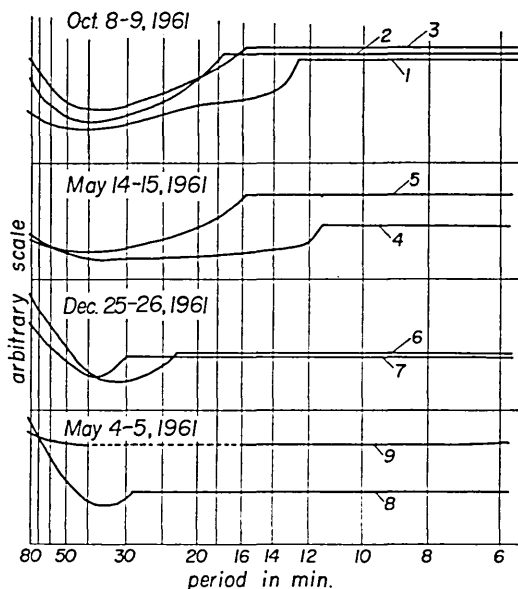


Fig. 14. Typical forms of noise spectra.

で示したものを一括したものである。図の中で上2段の各スペクトルは、台風および低気圧接近の際の場合で、大島東北側海上はしけている時であり、また下2段に示す場合は、季節風である北西の風および日本海の低気圧へ吹き込む南の強風が吹いている時であり、大島東北側海上は蔭となつて静穏な場合である。今スペクトルを見ると、津波観測所がある泉津を含む大島東北側海上のしけている場合は短周期側で振巾が大きくなつており、また静穏な場合は全体に平坦になつて来ているという特徴がある。このことは周期12~18min以下の短周期側の周期成分は、岸近くの波浪に大きな関係を持つていることを示している。そしてこのような場合の短周期部分の振巾は、長周期部分のそれに比べて、

約2倍になっている。

次に 60 min 以上の非常に周期の長い部分に振巾の大きいものが現われる場合があるが、これは西風、南風の場合に特に顕著に見える。このことは Fig. 1 の大島附近の海底の模様を見ると、西、南側には浅い部分が拵がついているので、西、南風の場合に長周期のものが卓越し易いものであるか、またこのような気象条件そのもの、あるいはそれによつて引起される海況自体に長周期成分を励振するようなものを持つているものであるかは、はつきりしない。

また次に特徴的なことは、周期40分前後で何れのスペクトルも極小となることである。もし相模湾が、房総先端と大島を結ぶ線を入口として、それより奥で縦に振動するものとすれば周期は約 38 min と計算される。このモードの实在性を確かめるため、チリ津波の尾部にあたる 1961 年 5 月 26 日の伊東の記録を周期分析して見ると Fig. 15 のよう

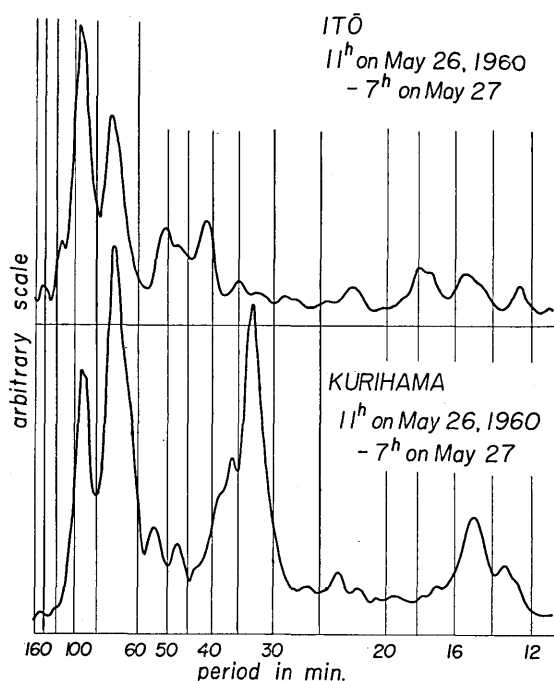


Fig. 15. Spectra of tide gauge records on May 26, 1960 observed at Ito and Kurihama, the later part of the Chilean tsunami.

になる。これを見ると 70~90 min に大きい成分があるが、これはチリ津波そのものの擾乱であるが、他に 42~50min に山が見える。そしてこれは山が2つに別れているから二つの異なつた方向の振動から成ると思われる。この内 40 min 前後のものは、あるいは先に 38 min と出した相模湾の縦の振動の周期であるかもしれない。しかしこの振動は、共振性の鋭い明確なものではないが、もし前述の振動であるなら、大島、泉津附近はその節に

当り、その周期の海面変動は起り難いことになるはずである。今ここで問題とした、大島における津波計の noise spectra の 40 min 前後の極小点が、この相模湾の縦方向の静振による吸収作用であるとすれば、これは1つの説明になると思われる。なお Fig. 16 には同期間の久里浜の検潮記録の分析結果も示したが、これは相模湾より東京湾の特性を強く現わしている。

§4. むすび

宮城県江の島について、伊豆大島に津波観測所が設けられて観測が行われているので、津波を含めて、長周期波についての情報が一層豊富に得られることになった。そして現在までに得られた津波計記録によつて、長周期の海面変動のスペクトルの性質の一端が明らかにされた。また、もし今後津波が起つた場合には、有効な記録が提供されることが期待される。

終りに気象データ、検潮記録などを使用させて頂いた、気象庁各測候所など各機関に対して厚く御礼申し上げる。また現地観測保守は坂下至功君によつて行われ、周期分析の実際の操作は加藤安彦君によつてなされたことを記して感謝の意を表す次第である。

27. *Spectral Analyses of Long-period Ocean Waves observed at Izu-Ōshima.*

By Ryutaro TAKAHASI and Isamu AIDA,
Earthquake Research Institute.

Observations of long-period ocean waves have been carried out at Miyagi-Enoshima on the north-eastern coast of Japan for a long time. For tsunami study, however, it is necessary to have observation points similar to Enoshima at several places in the Pacific coast of Japan, and as a realization of this plan, the Izu-Ōshima Tsunami Observatory was established in September 1960.

This observatory stands at Senzu, the north-eastern part of Ōshima, a volcanic island situated on the Izu-Marianne ridge which separates the Philippine Sea from the Pacific Ocean. The observatory is therefore situated at a favorable position to record tsunamis originating both from the NE and SW parts of Honshu Island of Japan. The observatory includes an observation house made of concrete blocks and a gauge well built on lava of Mt. Mihara projecting into the sea.

In the observatory are installed the ERI-IV tsunami recorder, a microbarograph and a microseismograph, as shown in Table 1. Tsunamis have not yet been observed, but spectra of records in different meteorological conditions were obtained to investigate the features of the background noise constantly observable in the records of the tsunami recorder. The spectral analyses were made by the wave analyser specially constructed for studies of the tsunami spectra.

The following features were known by the present spectral analyses.

1. When typhoon 6124 approached Ōshima island and sea and swell became heavy, the tsunami recorder recorded prominently 1 to 2 minute waves. As heights of this 1-2 minute waves have a good correlation with wind velocities, they may be the "surf beat" named by Munk.

2. The spectra of the records were obtained for the following four cases.

- (1) Oct. 8-9, 1961, when typhoon 6124 was approaching.
- (2) May 14-15, 1961, when a small depression was passing along the southern coast of Honshu Island.
- (3) Dec. 25-26, 1961, when a monsoon wind was blowing.
- (4) May 4-5, 1961, when a depression was passing through the Japan sea.

In the first and second cases when wind waves were very rough off the coast of Senzu, the parts of the spectrum of the period shorter than 12 to 18 minutes are about twice as large as the parts of longer period. On the other hand, in the third and fourth cases when the sea off the coast of Senzu was rather calm, the spectra are flat extending over the whole period band. Therefore, it is supposed that the short period components of spectra relate to the activity of the sea just adjoining the coast. In the latter two cases, another remarkable fact is that the sea level fluctuations of the period longer than 60 minutes increased later to the greatest energy.

3. The predominant period of 11 to 12 minutes was recorded in each spectrum, which may be explained as being due to the island seich of this island.

4. In every case stated above, there is a striking fact that all spectra have a minimum at about 40 minutes in period. If we assume the mouth of Sagami Bay to be the line connecting Ōshima and Bōsō peninsula, the natural period of the bay will be 38 minutes. The fact that a spectrum of the tide gauge record at Itō on the coast of Sagami Bay shows a peak of 42 minutes will be in favor of this assumption. If there is such a resonator it is only reasonable that the amplitude of the sea level fluctuations near Ōshima is attenuated at the period of the free oscillation of Sagami Bay. The minimum point of the spectrum mentioned above may be the result of this effect.

5. A spectrum of the microbarograph record obtained at Ōshima is hardly similar to that of the tsunami recorder, even when the microbarograph has recorded fair and regular waves. This fact shows that the long-period sea level fluctuations have little relation with the microbarometric disturbances at this island.