

## チリ津波による土地のひずみの観測

小 沢 泉 夫

ON THE OBSERVATIONS OF CRUSTAL STRAINS  
DUE TO CHILE TIDE WAVE

by Dr. Sci. Izuo OZAWA

## Synopsis

The periodic variations of the ground-strains due to Chili tide wave in May 24, 1960 have been observed at Kishu (14.8 km away from the Pacific coast), Osakayama (65 km away from the Ise Bay) and Suhara (at sea-shore). According to the observations except Suhara the ratio  $k$  of the amplitude of the strain due to the tsunami and that of the semi-diurnal tide of it is very smaller than the ratio  $m$  of the amplitude of the tsunami and that of the semi-diurnal tide level at Kumano Sea. Using the values of  $k$  and  $m$ , the amplitude ratios of direct-effect due to the tidal force and the indirect effect due to the oceanic tide in these three observatories are calculated. This result shows that the indirect terms are negligible order at the observatories where is more than 10 km away from ocean.

1. 海水の潮位の変化によつて土地がどの程度の変化をするかと言うことは地かく潮汐 (tide) の常数を求めるためにも、潮汐変化の時間的あるいは地方的異常から地かく (earth crust) の状態を推定するためにも必要な問題である。潮汐による地かくの変形の仕方は定性的には J. Boussinesq<sup>1)</sup> の与えた解に従う<sup>2)</sup> ことは分つていても、潮位の分布や地かくの構造は複雑なものであつて、海洋潮汐によるその観測点の土地がどの程度の変形をするかを弾性体の状態方程式を使つて計算することは簡単なことではない。併しこの大きさを知つておくことはわれわれにとつていろいろな意味で急務な問題である。西村英一博士<sup>3)</sup> はかつて取扱に非常な注意を要するシリカ傾斜計をはるばるアジア大陸の巴林まで持つて行き土地の傾斜変化の観測をされた。この研究によつては巴林の傾斜の潮汐変化の天文潮による直接項を求めるには充分であつたが、これを使つてわが国の海洋項 (二次項) を求めるためには直接項は地域的異常を持つものではないと言う見方からしてもなおその観測値が 2 桁、3 桁目の数字が正確な値を持つていることが必要であつた。海洋潮汐の影響をしらべるには海陸ともに単調な地形の所で海岸から距離の違う幾つかの点で観測をするか、極く波長の長い津波のように潮汐力に関係のない潮位の変化による土地のひずみの変化を観測することなどの方法が考えられる。前者は非常に沢山の施設を必要とするが後者の方法は限られた施設でも或る程度の目的は達することができる。チリ津波もまた好ましくない現象ではあるが待つていた一つの機会であつた。1960年5月24日の津波の影響として現れた土地の周期的な伸縮変化が海岸にある栖原観測所はもとより海岸から 14.8 km はなれた紀州鉾山でも観測された。海洋ではチリ津波の振巾は概して半日潮の振巾よりも大きいのに対して土地の傾斜、伸縮に現れた津波による傾斜、伸縮変化はその半日潮成分よりも遙かに小さかつた。このことから天体による起潮力の直接の影響として発生する伸縮あるいは傾斜変化即ち直接項あるいは一次項と海洋潮汐のために発生する土地の潮汐変化即ち海洋項あるいは二次項との比をそれぞれの観測所で求めるこ

とによって海洋項の大きさを求めた。

2. 紀州鉦山は三重県と奈良県と和歌山県との3つの県境に近い所にあつてその位置は東経  $135^{\circ} 53.4'$ 、北緯  $33^{\circ} 51.7'$  で熊野灘からは  $14.8 \text{ km}$  で、観測点は地表面から約  $100 \text{ m}$ 、海拔約  $70 \text{ m}$  の所にある。その附近の地層は主に砂岩からできている第三紀層で観測室は銅鉦山の旧坑道内にある。紀州鉦山での土地の伸縮の観測は現在とは別の坑道で  $1948$  年頃行われたことがあるが現在の観測は  $1956$  年  $2$  月から続けられている。今ここで用いられている伸縮計は所謂 H-53 type の伸縮計<sup>4)</sup> で坑道の壁と壁との間に直径  $1.6 \text{ mm}$  のスーパーインヴァーの針金をピンと張つてその中央をエリンパールの弱いつる巻きばねで水平方向にわずかに引張り、基線の長さの変化によって生ずる張線の弛みを細い針金（直径約  $0.2 \text{ mm}$ ）に取付けられた鏡の廻転に換えこれを光学挺子で拡大して連続的に写真記録しているもので拡大装置の固有振動周期は毎秒数サイクルで振動があつてもその減衰時間は極く短かく周期の長い地震動そのものによる変位振動はあまり記録されない。今回観測した方向は  $N30^{\circ}W$  方向と  $N60^{\circ}E$  の方向とでその規格常数を **Table 1** に示す。

Table 1 The constants of the extensometers at Kishu

Direction of observation	Type of instrument	Span of observation	Sensitivity	Remark
$N30^{\circ}W$	H-53 type	$4.54 \text{ m}$	$1.34 \times 10^{-8} / \text{mm} / 3 \text{ m}$	Slag wire & spring
$N60^{\circ}E$	H-53 type	$7.53 \text{ m}$	$1.27 \times 10^{-8} / \text{mm} / 2 \text{ m}$	"

$N30^{\circ}W$  方向の伸縮計の記録には  $5$  月  $23$  日のチリ大地震のときは、もしひずみの振動であるとすれば最大振幅約  $5 \times 10^{-7}$  に相当する振動が記録され（この主要振幅の振動はそれほど数多くはない）、 $23$  日は終日振動が記録されたが同日夜半頃からは記録の上では周期が  $10$  分前後の細かな変化が金切鋸の歯のように明瞭に記録されている。そうして翌日津波が紀伊半島に到来した午前  $2$  時過ぎ頃から周期  $36$  乃至  $37$  分の変化が津波のある間繰り返されそのうちの最大のものは第  $3$  波でその全振幅は  $1.75 \times 10^{-8}$  であつた。この写真記録を逢坂山の記録とともに **Photo 1** 及び **Photo 2** に示す。これと直角な方向  $N60^{\circ}E$  の伸縮計の記録はコンパレーターで読取れるほど鮮明ではなかつたが確かに同じ程度の変化があることは認められ、その方向では波形から判定すると  $N30^{\circ}W$  方向とは  $180^{\circ}$  の位相のずれがあるように思われる。

次に比較のために逢坂山で観測された結果について述べる。逢坂山観測所の位置は東経  $135^{\circ} 51.5'$ 、北緯  $34^{\circ} 59.6'$  で地表面からの深さは約  $150 \text{ m}$ 、観測点は海拔約  $130 \text{ m}$  の所にある。附近の地層は主に粘板岩からできている秩父古生層で逢坂山から大阪湾までは約  $56 \text{ km}$ 、伊勢湾の津までは約  $66 \text{ km}$ 、熊野灘の長島までは約  $98 \text{ km}$  であつて、今回紀州鉦山と比較のた

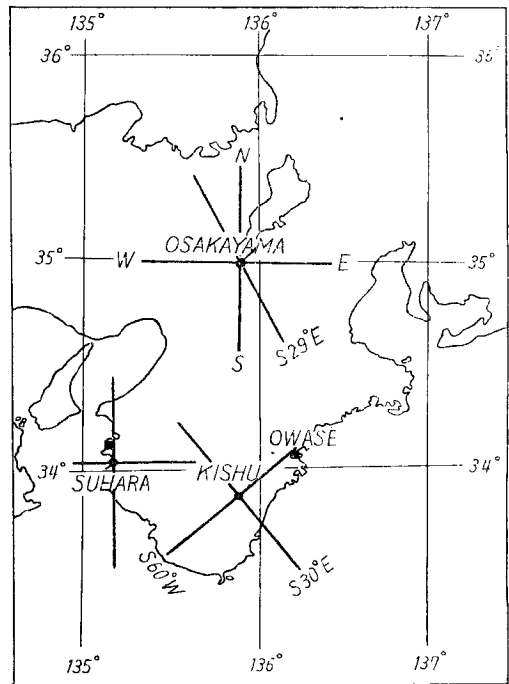


Fig. 1 Locations of observatories and their observing directions

めに用いた伸縮計の常数は **Table 2** に示される。この表の感度の項の最後の数は記録の光学距離を示す。

Table 2 The constants of extensometers in Osakayama

Direction of observation	Type of instrument	Span of observation	Sensitivity	Remark
N-S	H-59-A type	4.14m	$0.451 \times 10^{-8}/\text{mm}/1.8\text{m}$	rod & horizontal pendulum
E-W	H-59-A type	5.40m	$0.385 \times 10^{-8}/\text{mm}/1.8\text{m}$	"
S29°E	Sassa-type	4.2m	$3.0 \times 10^{-8}/\text{mm}/5.0\text{m}$	slag-wire & trifilar suspension
Vertical	V-59-A type	4.4m	$0.91 \times 10^{-8}/\text{mm}/3.8\text{m}$	wire & horizontal pendulum

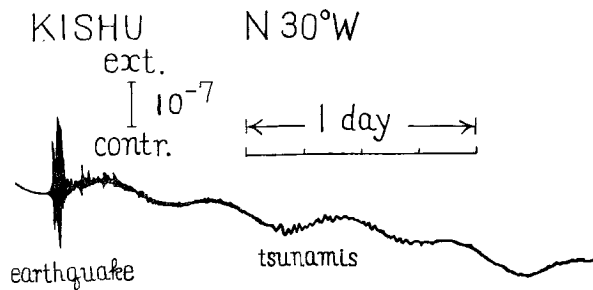


Photo 1 Photographic record of the linear strain of the ground at Kishu by means of extensometer

**Photo 2** に示すように紀州鉾山の N30°W 方向の伸縮計とはほぼ同一方向である N29°W 方向の伸縮計の記録には津波が熊野灘に到来した時刻には痕跡程度の変化は認められるが計量できるような大きさではなくまた津波の影響であるかどうかは確められない(この方向では常時は微細変化は少ない)。これより感度の高い H-59-A type の伸縮計<sup>9)</sup>の記録を見ると N-S 方向にはその時刻にそれと思われる変化(最大全巾  $0.60 \times 10^{-8}$ )が見られる。これと類似の変化はその前後にも恐らく気圧などの気象的影響として出ているのでそれだけからは津波の影響であるかは見分けられないが津波の到来と時を同じくしている。E-W 方向の伸縮の記録では微細な変化はあるが津波の影響らしいと言う特色はつかめない。23日の本震のときの振動は注意深く読めば周期が分るような周期の長いひずみ振動が見られ、その後紀州鉾山の場合と同様に23日午前8時頃から約35分おきに3つの比較的大きい(全振巾約  $5 \times 10^{-8}$ )のひずみ振動が記録され、また25日頃まで10~15分周期の可成規則的な伸縮変化が記録されている。

此等の逢坂山および紀州で観測した直線ひずみの変化から1/2日より長い周期の変化を引き去り、また約10分以下の短期間の変化を平滑化したものを **Fig. 2** に示す。また尾鷲港の検潮儀の記録(潮位変化)から推算潮位曲線による変化を引いたもの、即ち津波の、変化を同じく **Fig. 2** に示した。尾鷲港と紀州鉾山との距離は約 36 km である。尾鷲港の津波の主要動の周期も約 36 乃至 37 分でその位相は紀州鉾山の直線ひずみの変化の位相と 1 対 1 の対応をしている。ただ尾鷲港の潮位は所謂第 1 波、第 2 波、第 3 波と順次にその振巾を増して第 3 波が最大振巾になっているが紀州鉾山のひずみの変化の方は第 1 波から急に大きくなり第 3 波が最大振巾であることには変りはない。これはある拡がりをもつた潮位の変化がひずみの変化に作

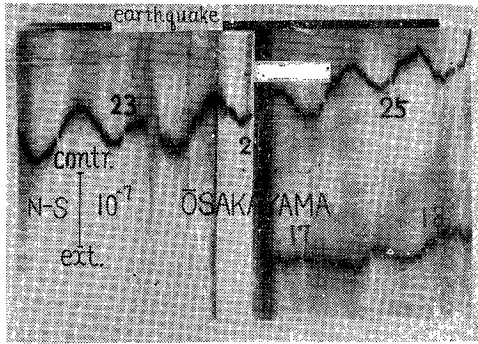


Photo 2 (a)

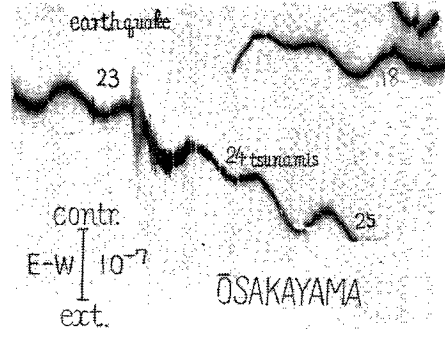


Photo 2 (b)

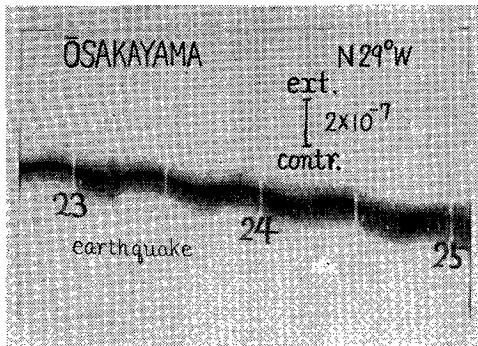


Photo 2 (c)

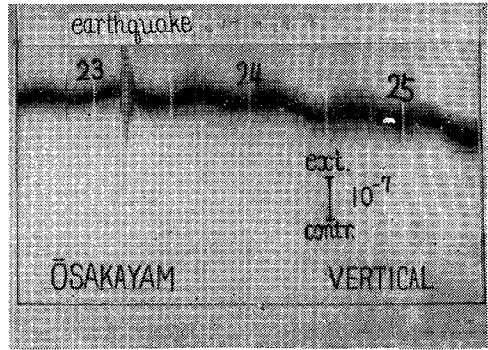


Photo 2 (c)

Photo 2 Photographic records of the linear strains of the ground at Osakayama by means of extensometers

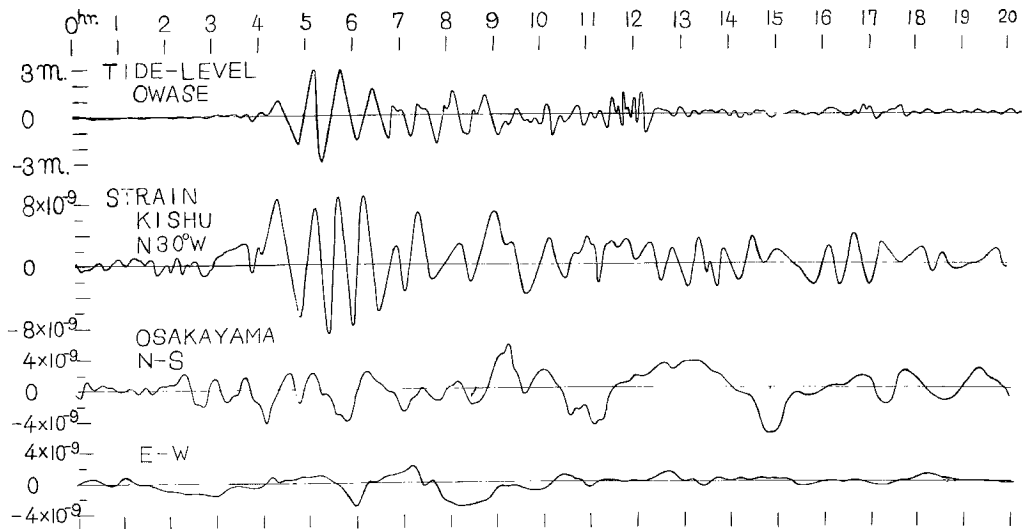


Fig. 2 Variations of tide level due to Chili Tsunami at Owase, and that of ground strain in Kishu and Osakayama.

用するのであるから尤もなことである。紀州鉾山の伸縮計の記録の廻転速度は1日4cmであるので海水潮位とひずみ変化との位相差を議論する迄には至らない。なお尾鷲港の潮位には7時、12時、17時……と約5時間おきに周期7~8分の波が数回連続して到来しているがひずみの方にはこの変化は大振幅では認められない。逢坂山の変化は紀州の伸縮計よりも感度が高いと言う点もあるが微細な不規則変化は時々観測されているので津波の影響として現われたものであるかどうかは確認できないが津波による変化であるとすればその変化の上限は知ることができたわけである。

次に栖原観測所の伸縮計および傾斜計の変化と、栖原から約8km北にある下津検潮所の検潮儀<sup>6)</sup>の記録とを Fig. 3 に示す。栖原観測所は東経 135° 11.7', 北緯 34° 02.6' にあつて観測点附近は千枚岩、緑泥片岩などからできていて古生層またはそれより更に古い地層からできている。海岸からの距離は伸縮計の位置までは約70~90m, 傾斜計の位置までは約50mである。伸縮計は紀州鉾山のもと同じ型のもので測線の長さは19m, 感度は、 $5 \times 10^{-8}$ /mm/2.0m である。傾斜はスーパーインヴァーナル製の水平振子である。ここに示したものは24日16時45分、以降の変化である。紀伊水道では17時以後もそれ以前の変化に較べて可成り大きい振幅で潮位が変化していたので下津検潮所の検潮儀の記録と比較して見た。

以上の観測から紀州鉾山と逢坂山で津波の影響として現われた土地の伸縮変化との最大全振幅とそれに対応する尾鷲港の津波の最大全振幅およびそれらの比を Table 3 に示す

Semi-diurnal tide の phase は何れも  $M_2$  潮の解析値の phase angle を示した、また Range はそのときの対応する phase の値である。

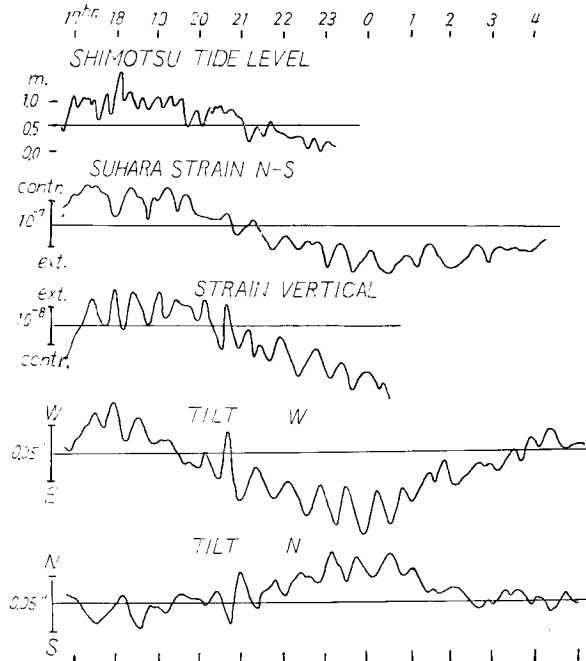


Fig. 3 The records of tide gauge at Shimotsu, and extensogram and tiltgram at Suhara

Table 3 Maximum range of the Tsunami's effects, that of semi-diurnal tide, and ratios of the Tsunami's effect and the semi-diurnal tide's one

Observatory	Instrument	Semi-diurnal tide		Maximum range of tsunami's effect (B)	Ratio B/A
		Range (A)	Phase		
Owase	tidegauge	1.16m	165°	5.97m	5.17
Kishu	extensometer N30°W	$4.85 \times 10^{-8}$	-29°	$1.75 \times 10^{-8}$	0.36 <sub>2</sub>
Osakayama	extensometer E-W	$3.08 \times 10^{-8}$	9°	$< 0.40 \times 10^{-8}$	0.13 <sub>1</sub>
Osakayama	extensometer N-S	$3.88 \times 10^{-8}$	21°	$< 0.60 \times 10^{-8}$	0.15 <sub>6</sub>

また下津検潮所の潮位の全振巾と栖原の伸縮と傾斜変化の全振巾は18時および21時主要全振巾を用いたその値を Table 4 に示す。

Table 4 The ranges of the tsunami's effect, that of the semidiurnal tide and the ratios of the tsunami's effect and the semi-diurnal tide's one

Observatory	Instrument	Semi-diurnal tide		Range of tsunami's effect (B)		Ratio B/A	
		Range (A)	Phase	at 18h	at 21h	at 18h	at 21h
Shimotsu	tide gauge	0.90m	180°	0.88m	0.60m	0.98	0.67
Suhara	extensometer N-S	1.60	50°	0.55	0.40	0.34	0.25
Suhara	tiltmeter E-W	1.95		0.70	1.20	0.36	0.61
Suhara	tiltmeter N-S	1.00		0.65	1.00	0.65	1.00
Suhara	extensometer Vertical	1.55	180°	0.80	0.95	0.52	0.61

Table 4 の傾斜および伸縮の値は記録紙上で大きい、単位は mm である。

3. 今半日潮成分だけについて考え、全海域の潮位の半日潮の成分が一樣に

$$\frac{A_s}{2} \cos(2t - \phi). \dots\dots\dots (1)$$

で与えられるとするとこのために生ずる土地のひずみは

$$\frac{A_e}{2} \cos(2t - \theta) = \frac{P_e}{2} \cos(2t - \phi') + \frac{S_e}{2} \cos(2t - \phi - \phi''). \dots\dots\dots (2)$$

で与えてよい、但し右辺の第1項は天体の起潮力による直接の影響、第2項は海洋潮汐の影響でこの場合、 $P_e$  及び  $S_e$  は正の値を持つものとする。 $\phi'$  は測線の方向によつて定まり、 $\phi''$  は作用海域の分布とそれに対応する測線の方向によつて異なり、例えば海岸線が直線であるときは海岸線に直角な測線では  $0^\circ$ 、平行なときは  $180^\circ$  である。

(2) 式では

$$\left. \begin{aligned} A_e &= \sqrt{P_e^2 + S_e^2 + 2P_e S_e \cos(\phi + \phi'' - \phi')}, \\ \tan \theta &= \frac{P_e \sin \phi' + S_e \sin(\phi + \phi'')}{P_e \cos \phi' + S_e \cos(\phi + \phi'')}. \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2')$$

従つて

$$|P_e - S_e| \leq A_e \leq |P_e + S_e|. \dots\dots\dots (3)$$

の関係がある。

今土地の津波によるひずみの全振巾を  $B_e$ 、土地のひずみの半日潮の全振巾を  $A_e$  としたときそれらの比を  $k$  とすると

$$k \equiv \frac{B_e}{A_e} = \frac{B_e}{\sqrt{P_e^2 + S_e^2 + 2P_e S_e \cos(\phi + \phi'' - \phi')}}. \dots\dots\dots (4)$$

また海水の津波による潮差を  $B_s$ 、半日潮の潮差を  $A_s$  としたとき

$$\frac{B_e}{S_e} \approx \frac{B_s}{A_s} \equiv m. \dots\dots\dots (5)$$

であると思ふと、(3)式と(4)式とから

$$\frac{B_e}{|P_e + S_e|} \leq k \leq \frac{B_e}{|P_e - S_e|},$$

$$\frac{\frac{B_e}{S_e}}{\left| \frac{P_e}{S_e} + 1 \right|} \leq k \leq \frac{\frac{B_e}{S_e}}{\left| \frac{P_e}{S_e} - 1 \right|} \dots\dots\dots(6)$$

と書け、

$$\frac{P_e}{S_e} \equiv n.$$

とおくと(5)式と(6)式とから

$$\frac{m}{|n+1|} \leq k \leq \frac{m}{|n-1|} \dots\dots\dots(7)$$

ここで問題なのは  $B_e/S_e \approx B_s/A_s$  と見做すことであるが、例えば海から約 14.8 km の所にある紀州鉦山の土地のひずみに及ぼす海洋潮汐の影響は半日潮の場合でも概算値を知るためには精々数 10 km 以内の海域について考慮すればよい<sup>7)</sup> ことは既にわかつておりまた栖原のように海岸にある所では数 km 位まで考慮するだけで今の場合充分である。一方今回のチリ津浪の主要な波の周期は尾鷲では 36~37 分でその波長も熊野灘では 200 乃至約 300 km と言う長いものであると思われるから数 10 km 以内の海域を考えるとときは潮汐の場合と同様に広範囲にわたつて単調な潮位変化を考えるだけで充分であるから(5)の関係が充されていると思ふと見做して差支ない。

$n$  の値が 1 に近くないときは(7)式から  $n$  の値は充分に求められる。しかし  $n$  が 1 に近い場合は(4)式で  $\phi + \phi'' - \phi'$  の値を与えないと  $n$  の値の範囲は狭くならない。例えば栖原の N-S 方向のひずみの場合、 $\phi = 180^\circ$ ,  $\phi' = 0^\circ$  で、栖原近傍の海域の潮汐図で求めた  $\phi''$  の値は  $158^\circ$  で  $\cos(\phi + \phi'' - \phi') \approx 0.33$  になる、また垂直の場合は  $\phi' = 180^\circ$  で、 $\phi'' = 180^\circ$  と考えるのが妥当のようである。

傾斜変化の場合には傾斜の半日潮変化の直接項は

$$\left. \begin{aligned} \text{西方向の成分は} & \quad \frac{1}{ag \cos \varphi} \frac{\partial W_2}{\partial \lambda} = \frac{P_{eW}}{2} \sin 2t = \frac{P_{eW}}{2} \cos \left( 2t - \frac{\pi}{2} \right), \\ \text{南方向の成分は} & \quad -\frac{1}{ag} \frac{\partial W_2}{\partial \varphi} = \frac{P_{es}}{2} \cos 2t. \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(8)$$

の形で与えられる。

但し  $a$  は地球の半径、 $\varphi$  は緯度、 $\lambda$  は経度、 $W_2$  は潮汐力ポテンシャル、 $P_{eW}$ ,  $P_{es}$  は何れも 0 よりも大きい数である。また海洋潮汐による傾斜の西及び南の成分の振巾をそれぞれ  $S_{eW}$  及び  $S_{es}$ 、位相角を  $\phi + \phi''_W$  及び  $\phi + \phi''_s$  とすると、伸縮の場合と同様に津波による傾斜と半日潮成分の傾斜との振巾の比は、

西方向の成分では

$$k \equiv \frac{B_e}{\sqrt{P_{eW}^2 + S_{eW}^2 + 2P_{eW} S_{eW} \cos \left( \frac{\pi}{2} - \phi - \phi''_W \right)}} \dots\dots\dots(9)$$

作用海域が西の方に広くあるときは  $\phi''_W = 0$ 、逆に東に広くあるときは  $\phi''_W = \pi$ 、

南方向の成分では

$$k \equiv \frac{B_e}{\sqrt{P_{es}^2 + S_{es}^2 + 2P_{es} S_{es} \cos(\phi + \phi''_s)}} \dots\dots\dots(10)$$

作用海域が南に広くあるときは、 $\phi''_s=0$ 、北に広くあるときは  $\phi''_s=\pi$ 。

栖原では  $\phi=\pi$ 、また海域は主に南西方に拡がっており満潮時には南西に傾斜しその振巾は逢坂山の場合より遙かに大きく、 $\phi''_w$ 、 $\phi''_s$  は共に 0 であるから  
西方向の成分からは

$$k = \frac{m}{\sqrt{n^2+1}} \dots\dots\dots(11)$$

南方向の成分に対しては

$$k = \frac{m}{|n-1|} \dots\dots\dots(12)$$

の関係が得られる。

このようにして紀州鉾山、逢坂山の場合は、(7) 式のゆるい条件を用いて  
紀州鉾山の N 30°W 方向の直線ひずみに対しては

$$13.3 \leq n \leq 15.3 \dots\dots\dots(I)$$

また逢坂山の E-W 方向のひずみに対しては

$$34.9 \leq n \leq 36.9 \dots\dots\dots(II)$$

N-S 方向のひずみに対しては

$$30.9 \leq n \leq 32.9 \dots\dots\dots(III)$$

を得る。この計算には尾鷲の  $m=5.17$  の値を用いたが潮岬では  $m=2.23$ 、鳥羽では  $m=1.14$  高知では  $m=1.88$  で潮岬、鳥羽では津波の勢力は減衰されるような地形であり高知では半日潮の振巾は熊野灘よりも大いが尾鷲の値は熊野灘の沖の値に較べて少し大きいと思われるので、更に  $m=2$  の場合について計算した場合には

紀州の N 30°W 方向の直線ひずみの場合は

$$4.52 \leq n \leq 6.52 \dots\dots\dots(I')$$

逢坂山の E-W 方向のひずみの場合は

$$14.3 \leq n \leq 16.3 \dots\dots\dots(II')$$

逢坂山の N-S 方向のひずみの場合は

$$11.9 \leq n \leq 13.9 \dots\dots\dots(III')$$

となり  $m$  を小さく評価しても海洋潮汐の影響は紀州鉾山では天体の起潮力の直接の影響によるもの(直接項)の 22%以下、逢坂山では 8%以下と言う結果が得られた。

また栖原の N-S 方向の直線ひずみでは  $n$  の値は 1 に近い値であると思われるので Table 4 と (4) 式及び (5) 式を用いて、0 より大きい値を求めると、18 h の値からは  $n=1.98$ 、21 h の値からは 1.72、平均  $n=1.85$ 、で直接項と間接項との位相差は  $-22^\circ$ 、垂直成分の伸縮は海に近く且地表面下にあるために、また海底の勾配があるため振巾は小さいが変化が現われたと思われる、そうして  $n$  の値は 18 時のときは 2.88、21 時のときは 2.10 でその平均値は 2.49 で、 $\phi''=0$  とすると  $n$  は 18 時のときは 0.88、21 時のときは 0.10 でその平均値は 0.49 になる。また東西方向の傾斜変化の場合は Table 4 と (11) 式を用いて、18h の値からは  $n=2.52$ 、21 h の値からは 0.46、平均  $n=1.49$ 、で海洋項の直接項からの位相の遅れは  $90^\circ$ 、また南北方



向の傾斜変化の場合は(12)式を用いて、18時の場合は $n=2.51$ 、21時の場合は $n=1.67$ で、平均 $n=2.09$ でその位相差は $180^\circ$ と言う結果になった。併し栖原の傾斜変化の場合その半日潮成分の振巾から推定すると $\phi''$ を $90^\circ$ の偶数倍にするよりも奇数倍にする方が却つて尤もらしい値になるのではないかと思われる場合がないでもない。併し何れにしても栖原では海洋項は直接項と同程度の大きさであると言うことになる。

4. 以上著者は、逢坂山および紀州鉾山でチリ地震によつて起きた長周期の規則的な土地の伸縮変化を観測することができ、また紀州鉾山、逢坂山、栖原におけるチリ大津波のときの変化とそのときの半日潮の大きさ及び附近の海域の津波の振巾とそのときの半日潮の振巾との比を用いることによつてそれぞれの観測所における潮汐の直接項と海洋項(間接項)との比を求めた。その結果栖原のように海水潮位の変化による地下水の変化などが著しくない所では海岸から50~90mの所では伸縮、傾斜ともに直接項と海洋項とは同じ桁の大きさであるが海岸から10km以上も離れると海洋項は大きくても直接項の数分の1の大きさで数10kmも離れると大きくても10数分の1以下になつてしまうと言うことを知つた。併しこのようにひずみの距離による減衰が非常に早いことは地球全体の平均と同じ状態にあるのか、それとも非常にかけ離れた状態にあるのかと言うことは確められたわけではない。若しもこのように海洋潮汐の影響の減衰が速いことが正常な場合であるとすれば直接項の観測には非常に都合なことになる。そうしてしかもこのような所でも場所によつて相違があるとすれば観測の精度或は解析の精度にもその原因は考えられるとしても、また直接項そのものにも地域的異常があるのかもしれないと言うことになる。今回の観測では逢坂山、紀州の場合は潮汐の解析結果なども比較的よく適合する結果が得られたが栖原の場合は必ずしもびつたり一致した結果が得られたわけではない。また今回の津波に対しては多くの収穫が得られたと言うよりは寧ろ多くの機会を見送つたという結果に終つた。併しその失つた機会は津波でなければ得られないものでもないようにも思われる。

終りにこの研究に対して多くの御指導を賜つた京都大学教授佐々憲三博士、同西村英一博士に深く感謝するとともに、紀州鉾山の常時観測をして戴いている紀州鉾業所所員、栖原観測所設立に御協力された耐久高校の新屋兼次郎先生、栖原の観測所の常時観測をして戴いている耐久高校の前田忠昭氏、尾鷲検潮所の資料を戴いた尾鷲土木出張所、下津検潮所の資料を戴いた大阪管区气象台に御礼の言葉を申し上げます。

## 参 考 文 献

- 1) Boussinesq, J. : Applications des Potentiels……, Paris, 1885.
- 2) Ozawa, I. : Study on Elastic Strain of the Ground in Earth Tides, Disaster Prevention Research Institute Bulletin, No. 15, 1957, pp. 1~37.
- 3) 西村英一: 地殻潮汐について其の三地球の剛性, 地球物理, 第5巻, 第2号, 1941, pp. 87~112.
- 4) 小沢泉夫: 伸縮計による地殻の潮汐歪の観測, 測地学会誌, 第2巻, 1955, pp. 54~58.
- 5) 小沢泉夫: 傾斜計を拡大装置に使つた高感度伸縮計とそれによる土地のひずみの観測, 測地学会誌, 第6巻, 1960, pp. 1~5.
- 6) 大阪管区气象台の資料による.
- 7) Ozawa, I. : Disaster Prevention Research Institute Bulletin, No. 15, 1957, Table XVI.