

近地地震における表面波の観測について*

鷺坂清信**・山岸登**

Observation of Surface Waves of the Near Earthquakes

S. Sagisaka and N. Yamagisi

(Matsushiro Seismological Obs.)

In general, the surface waves of earthquakes of comparatively small epicentral distance (500~600 km) are difficult to observe, because they are disturbed by other seismic waves. Nevertheless, the surface waves in the earthquake swarm of October-November, 1952, off the coast of Sanriku district, are registered very prominently on the seismogram of a 1 ton seismograph of C. M. O. type ($T_0=30$ sec.), at Matsushiro seismological observatory.

From the study of earthquake motion as recorded on seismogram, it appears to the writers that the observed surface waves are Love type. The velocity is 3.54km/sec and the period, 22 seconds. But, unfortunately the 1 ton seismograph of C. M. O. type has no vertical component.

§ 1. 緒言

近地地震においてもその震源が浅い大きい地震の場合には、表面波が震源の発震機構に直接関連して発生するであろうことは推定されよう。しかし、震央距離が 1000km 未満で表面波が観測された例はあまりにないようである。近地地震で L 波が観測されない理由は、 S 波や反射波などの記象の継続中に L 波が出現するために、記録上分離しにくいことによると考えられる。 L 波の周期は長いものであるから、これをよく記録させるためには、固有周期の十分に長い地震計を使用すべきである。松代地震観測所では、中央気象台式 1 トン長周期地震計 (固有周期 25~35 秒) を使用して、震央距離 500~600km のものについて、表面波とみられるものを記象上明らかに分離して観測した。以下それについて報告する。

§ 2. 三陸沖地震の松代における記象

近地地震における表面波観測の例として選んだ材料は昭和27年(1952)10月下旬から11月1日にかけて三陸沖に起った著しい地震群の松代における記象である。Fig. 1 は記象の一例である。これらはいずれも南北成分であって、全体としてよく似た記象型である。特に Fig. 1 a, b の波形あるいは Fig. 1 c, d の波形を比較すると酷似している。ただし、Fig. 1 b は前の地震の尾部により P 波の部分が多少かく乱されている。この記象の類似は発震機構の類似を意味するものであろう。

* Received Sept. 18, 1954

** 松代地震観測所

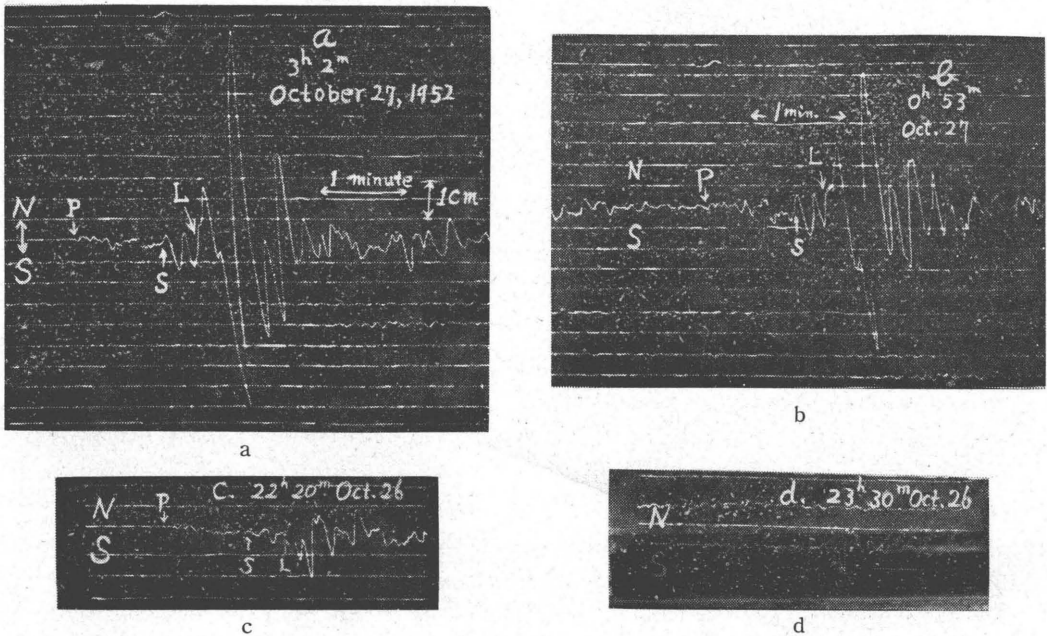


Fig. 1. Matsushiro seismograms of the earthquakes of October 27, 1952, off the coast of Sanriku district, recorded by a 1 ton seismograph of C.M.O. type ($T_0 = 31.6$ sec.)

なお、また、個々の地震の発震機構が単純であることも提唱されよう。不規則な複雑な破壊を個々の地震がなすとすれば、地震群全体の記象型の類似性は考えられない。

次に、この記象で特に注目されることは振幅の大きい、周期の著しく大きい波が現われていることである。この波はラブ波の性質をもっているもので、以下特にその調査に重きをおく。

§ 3. 三陸沖地震による松代における地震動

この三陸地震群のうち、特に著しいものが5つあるが、そのうち松代でよく記録された Tab. 1 に掲げた3つの地震について松代地震観測所の地震動を調べる。

Table 1. Data of Earthquakes (i) (Matsushiro)

No.	Time of Occurrence 1952					Hypocentre			Δ km	S-P s	L-P	
	m	d	h	m	s	ϕ °	λ °	h km			m	s
(1)	10	27	03	03	21.8	39.4N	143.4E	40ca.	556	57.9	1	19.7
(2)		27	12	18	32.6	39.5	143.0	50~60	532	56.3	1	16.8
(3)	11	01	01	38	33.9	39.1	143.8	60ca.	570	56.4	1	16.4

In above table, depeth h is taken from Seismological Bulletin, C.M.O., but longitude λ and latitude ϕ of epicentre are redetermined by authors

Fig. 2 は東西・南北の両成分を同一タイムの軸に関して描いたものである。図の南北分動は Fig. 1 a と同一である。記入された数字は振れの極大および交点などについて順に与えた番号で

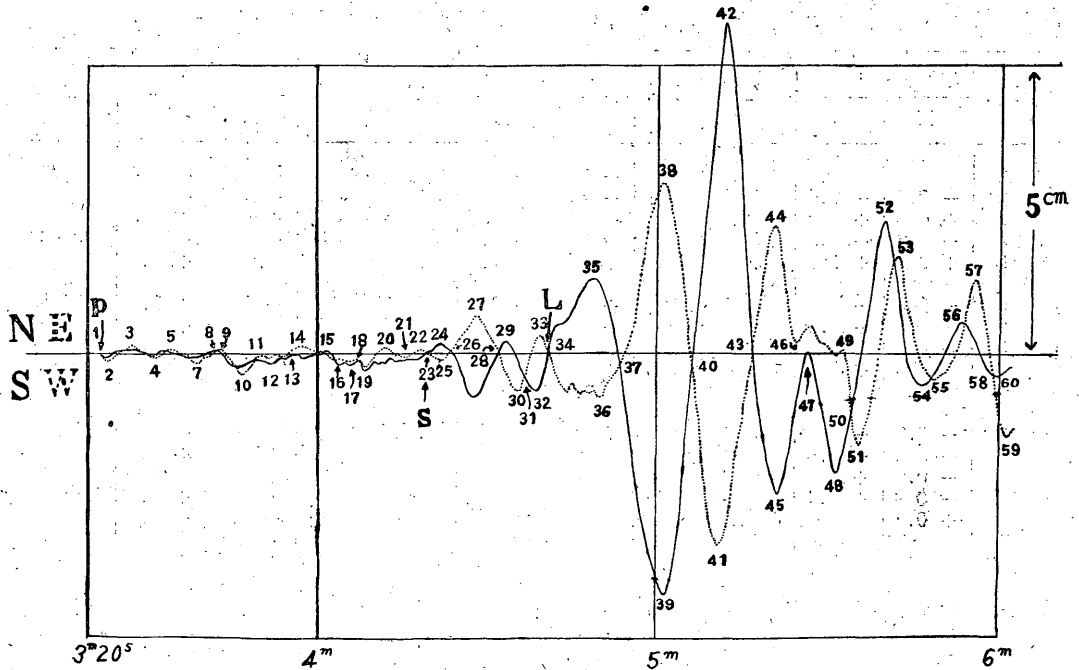


Fig. 2. Matsushiro seismogram of the earthquake at about 3^h October 27, 1952, off the coast of Sanriku district, recorded by a 1 ton seismograph of C.M.O. type (natural periods: $T_N=31.6$ sec, $T_E=28.7$ sec). Records of two horizontal components were reproduced on the same axis of time. Full line: N~S component, Dotted line: E~W Component, Figure: Number

ある。その番号にあたる点の変位および時刻は Tab. 2 に記した (ただし, Tab.1 の地震 (2), (3) の取扱いについては験震時報の次号に掲載していただくことにした)。

Fig. 3 は Fig. 2 およびその読みを表示した Tab. 2 から観測点の地震動の水平分動の軌跡を描いたものである。Fig. 3 の番号は Fig. 2 のそれと対応する。図の大きさは Fig. 3 d すなわち、表面波の部分を記象の大きさの1/3に縮小し、Fig. 3 a, b, c の部分は記象の16, 6.4および2倍にそれぞれ拡大して描いたものである。これは見やすくするためであるが、各部分の大きさが大体等しくなるようにした。したがって、a (P波の部分), b (中間の部分), c (S波の部分) および d (L波の部分) の振幅の比が大体 $a : b : c : d = \frac{1}{48} : \frac{1}{19} : \frac{1}{6} : 1$ となることになる。

Fig. 3 a すなわち、P波による地震動の軌跡に着目すると、振動方向は震央方向 (N52°E) とほぼ一致して3振動ほどしている。振幅は No. 3 と4を結ぶ線の長さの1/2をとれば12 μ である。周期は No. 1 から8までの3周期の平均をとれば6.8sec.となる。

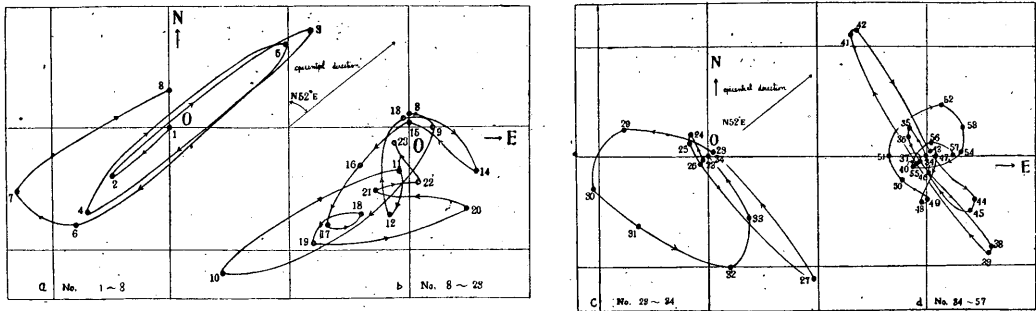
次に、Fig. 3 b すなわち、P波の終りからS波が出現するまでの軌跡は非常に不規則である。

Table 2. Displacements and corresponding time of the seismogram of the earthquake at 03^h03^m, October 27, 1952, recorded at Matsushiro

No.	Disp.		T	No.	Disp.		T	No.	Disp.		T
	N	E			N	E			N	E	
	mm	mm	m s		mm	mm	m s		mm	mm	m s
1	0	0	3 21.8	21	- 1.3	- 0.7	4 16.2	41	+55.0	-34.4	5 11.5
2	- 0.4	- 0.5	24.0	22	- 1.1	+ 0.2	18.6	42	+57.0	-32.0	12.2
3	+ 0.8	+ 1.2	27.5	23	- 0.3	- 0.3	19.7	43	+ 1.5	+ 1.5	17.0
4	- 0.7	- 0.7	32.0	24	+ 1.3	- 1.1	21.8	44	-20.0	+22.3	20.8
5	+ 0.7	+ 1.0	34.4	25	+ 0.8	- 1.2	22.7	45	-25.2	+20.0	21.8
6	- 0.8	- 0.8	39.1	26	+ 0.4	- 0.4	23.8	46	- 8.0	+ 1.0	24.9
7	- 0.5	- 1.3	39.8	27	- 8.0	+ 6.8	28.3	47	0	+ 4.4	27.0
8	+ 0.3	0	42.3	28	+ 0.3	+ 0.3	32.7	48	-21.2	- 1.6	31.5
9	0	+ 0.5	43.0	29	+ 1.8	- 5.5	33.8	49	-20.0	+ 0.5	32.7
10	- 3.0	- 3.4	46.5	30	- 2.0	- 7.5	35.8	50	-11.0	-11.0	34.5
11	- 0.9	- 0.2	49.0	31	- 4.5	- 4.5	37.5	51	0	-17.1	36.1
12	- 1.8	- 0.4	51.8	32	- 7.2	+ 1.5	39.0	52	+23.0	+ 7.0	39.8
13	- 0.1	+ 0.2	53.5	33	- 4.0	+ 2.7	40.1	53	+13.0	+16.5	42.3
14	- 0.9	+ 1.4	57.0	34	0	0	41.5	54	+ 6.0	+ 1.0	45.9
15	+ 0.1	0	4 01.2	35	+13.1	- 7.5	49.0	55	- 5.7	- 5.7	49.5
16	- 0.8	- 1.0	02.5	36	+ 8.0	- 8.0	51.3	56	+ 5.5	+ 2.0	53.5
17	- 2.0	- 1.7	06.2	37	- 3.0	- 3.0	53.5	57	0	+12.7	56.1
18	- 1.8	- 1.0	07.0	38	-42.0	+29.6	5 01.0	58	- 4.6	-10.0	59.5
19	- 2.4	- 2.0	08.5	39	-43.1	+29.0	02.0	59	- 3.5	-16.0	6 01.9
20	- 1.7	+ 1.2	11.8	40	- 4.0	- 4.0	06.9	60	- 2.5	-14.2	02.5

Since displacements shown in Table 2 are those read from original seismogram, we must divide them by 104 (magnification) to obtain true ground displacements. The sign + means ground motions north and east

Fig. 3. Loci of the ground motions observed at Matsushiro Seismological Station due to the earthquake at about 3^h, October 27, 1952, off the coast of Sanriku district



- a. P wave (magnification : 16×original seismogram), Amplitude : 12μ (No. $\overline{3, 4} \times \frac{1}{2}$), Period : 6.8sec. (mean value of No. 1~8), Direction of oscillation : S 54°W
- b. Intermediate part (magnification : 6.4× original seismogram)
- c. S wave (magnification : 2×original seismogram), Amplitude : 60μ (No. $\overline{24, 27} \times \frac{1}{2}$) Period : 13.0sec. (No. 23~28), Direction of oscillation : N41°W
- d. L waves:(magnification $\frac{1}{3}$ ×original seismogram), Amplitude : 568μ (No. $\overline{39, 41} \times \frac{1}{2}$) Period : 23.5sec. (No. 37~43), Direction of oscillation : N32°W

Fig. 3 c の No. 23 から震央方向に直角に振動する波が現われている。これを S 波とみれば $S-P=57.9\text{sec.}$ である。No. 23 から 28 までの 1 周期は 13.0sec. で、これに続く楕円運動の周期は 8.8sec. である。振幅は No. 24 と 27 を結ぶ線の半分をとれば 60μ であるが、No. 23 から 24 を結ぶ初変位はわずかに 18μ となる。すなわち、見掛上非常にかたよった振動である。あるいは、Fig. 3 b, No. 22 を S と取るべきかもしれない。

最後に、Fig. 3 d は表面波の軌跡で、震央の方向と直角の方向の振動が No. 34 から現われて、その周期は非常に長く、また、振幅も卓越している。No. 34 から 47 まで 2 回横振動をして以下円運動的の軌跡を描いている。この最も発達した部分は 2 振動の中間で No. 37 から 43 までである。その振幅は $\pm 568\mu$ 、周期は 23.5sec. 、振動方向は $N32^\circ W$ で震央方向との交角は 84° である。No. 34 を L にとれば $L-P=1^m19.^s7$ となる。この周期の長い波の半周期を順次にとれば、 $12^s.0$ 、 $13^s.4$ 、 $10^s.1$ 、 $7^s.9$ となる。これらの値は d 図の No. 34, 37, 40, 43, 46 の区間を Tab. 2 から求めたものであるが、Fig. 2 から直接にその事柄をみるができる。すなわち、No. 34 から南北、東西の分動が互に反対に振れていることは振動方向が震央方向にほぼ直角であることを意味し、周期や振幅も著しく卓越している波であることも、もちろん、明らかである。また、この図で P 波の部分のように重なり合っていることは振動方向が震央方向と一致し、 S 波や L 波の終りの部分のように位相が $1/4$ 波長ずれていることは円運動的であることを意味する。以上の結果を次に表示する。

Table 3. Data of Earthquake (ii) (3rd Oct. 27, 1952)

	Amplitude	Period	Direction of motion	Angle between direction of motion and azimuth of epicentre from observatory $N52^\circ E$	Initial displacement	Velocity
P	$\pm 12^\mu$	6.8^s	$S 54^\circ W$	2°	6^μ	km/sec —
S	± 60	13.0	$N 41^\circ W$	93°	18	—
L	± 568	23.5	$N 32^\circ W$	84°	150	3.51

§ 4. 表面波の速度

前節において、筆者らは地震動の図解から二種類の横波のあることを発見した。その前者は通常の S 波で、後者はラブ波と推定されるものであるが、はたして、前者が S 波として走時曲線を満足するか、また、後者の速度はどのくらいであるかを調べるために走時曲線を描けば Fig. 4 のようになる。この資料は地震月報⁽¹⁾によるものである。ただし、震央は同資料により再検討して前節に掲げたものを使用した。震源の深さは震央距離の 200km 未満の観測がない場合の浅い震源の地震については正確にはわからない。ただ表面波が P 波や S 波に比較して発達しているところからみて浅いものと考えられるので、 0 と仮定した。 200km 未満の材料の不足は石淵の爆破地震の観測結果⁽²⁾および岩手県小国地震⁽³⁾の走時曲線などから補った。

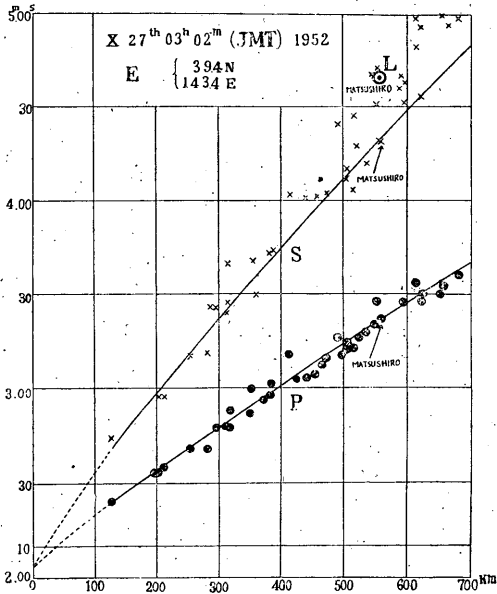


Fig. 4. Travel time curve of the earthquake at about $3\frac{1}{2}$, October 27, 1952, off the coast of Sanriku district

この走時曲線を、松代の S 波の発震時はよく満足するから、通常の S 波とみられる。一般に、S 波の観測値が規則立っていないのは S 波の第 2 動あるいは L 波を S として観測した箇所が多いことによると考えられる。いま震央から L 波が発生したものとみて松代までの平均の速度を求めれば 3.51km/sec となる。

§ 5. 結論

(次号に取扱われる Tab.1 の地震 (2), (3) のことも含めて結論をかく.) 筆者らは 1952 年 10 月下旬から 11 月 1 日にかけての三陸沖地震群の松代における記象に異常に長い周期の卓越した波が現われていることに興味を感じた。その地震群のうち、最も大きい規模のよく記象された 3 つの地震 (これらの規模は太体等しい) に

ついて地震動の軌跡を描いて調査した。その結果、次に記す 2 つの結論に達した。

1. 通常の S 波 (振幅約 90μ , 周期約 13sec.) が一度乱れてから異常に大きい振幅 (約 600μ), 周期 (約 22sec.) の波が現われている。この地震動の水平分動の軌跡は、S 波と同様に震央方向に対して直角であることから、ラブ波と推定される。その速度は 3.54km/sec (3 つの地震につき平均値) となる。ただし、これがラブ波であることが確立されるまでには、種々の条件を満足すべきことが要求されるであろう。また、層の厚さなども考究されるべきである。これに関しては、さらに一層よい資料を得て、調査を進めるつもりである。使用した地震計は中央気象台式 1 トン長周期地震計 (固有周期 25~35sec.) であって、長い周期の波をよく記象する。

2. この三陸沖地震群に属する地震の松代における記象は非常によく似ている。特に記象の大きさが大体等しいものについては波形の一つ一つが対応して似ている。このことから、この地震群の各地震の発震機構が単純にして酷似していることが推定される。

文 献

- (1) 地震月報, 1952年10, 11月, 中央気象台
- (2) 第2回石淵爆破地震動観測結果, 地震, 6, No. 1
- (3) 験震時報, 6, 65-76, 中央気象台