

# 松代の近地地震記象中の顕著な相について(その2)\*

宇津徳治\*\*

550.341

## On Some Remarkable Phases on Seismograms of Near Earthquakes (Part 2)

T. Utsu

(Seismological Section, J. M. A.)

The Matsushiro seismograms of very shallow earthquakes (depth 0~20 km) which occurred in the middle and western part of Japan show the four phases  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $S_1$  and  $S_2$ , (cf. Fig. 5). From the analysis of the travel time curves (cf. Fig. 7), they are identified as  $P_n$ ,  $P_g$ ,  $S_n$  and  $S_g$ , and their velocities are calculated. The  $S_2$  phase, whose velocity is higher than average  $S_g$ , somewhat has the properties of crustal surface wave.

### § 3. 中部地方以西の極浅発地震

中部地方以西(中部, 近畿, 中国, 四国, 九州方面)に起った極浅発地震(深さ0~20km程度)の松代の記象を見て特に著しいことは,  $P$ 相がきわめて小さく最大振幅が相当大きな地震でないとほとんど判別しにくい,  $P$ 相のあと数sec~数十secに, かなり著しい相が現れ, この相の振幅は $P$ の数倍の大きさに達することが普通で, また,  $S$ 相も判別しにくいことが多いが,  $S$ 相の数sec~数十secあとに, 立上りがかなり急な長周期(数sec~10sec)の大きな相が現れることである。Fig. 5にはこのことを示す二, 三の記象を例示してある。この $P$ 相および $S$ 相のあとの顕著な相は

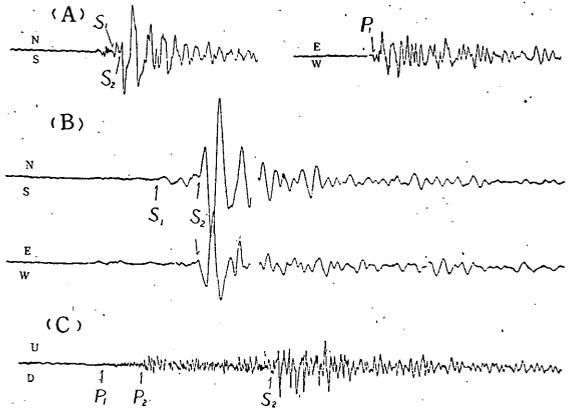


Fig. 5.  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $S_1$  and  $S_2$  phases recorded at Matsushiro  
(A) May 31, 1953 (Galitzin's seismograph)  
(B) May 16, 1954 (Galitzin's seismograph)  
(C) July 30, 1955 (Short period vertical seismograph)

\* Received Aug. 20, 1956.

\*\* 気象庁 地震課.

振動方向からみて、それぞれ縦波および横波の性質をもっていると考えられるので、 $P_2$ および $S_2$ と名づけ、本来の $P_1$ および $S_1$ をそれぞれ $P_1$ および $S_1$ と名づけることにして、これらの相について地殻構造と関連して二、三調べてみた。

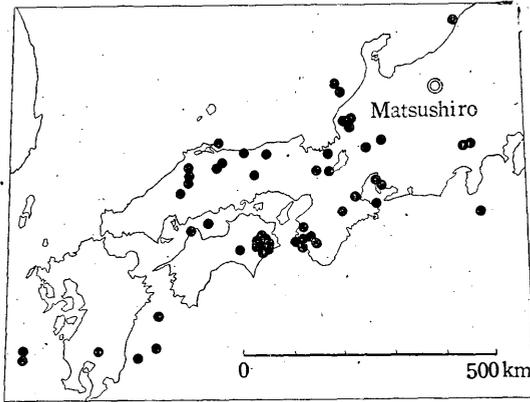


Fig. 6. Epicenters of earthquakes

$S_2$ は地動の周期 10 sec くらいのところで、倍率をもっとも大きくなっている Galitzin 式地震計 (特に水平動) にもっともよく現れ、しばしば S 相と誤認するもので特に興味ある相である。

(i) 走時 1953 年から 55 年までに前記地域に起った極浅発地震 54 個について、これらの相の発現時を読みとった。震央位置は Fig. 6 に示すとおりで、Tab. 2 には各地震の震央および発震時から、松代までの震

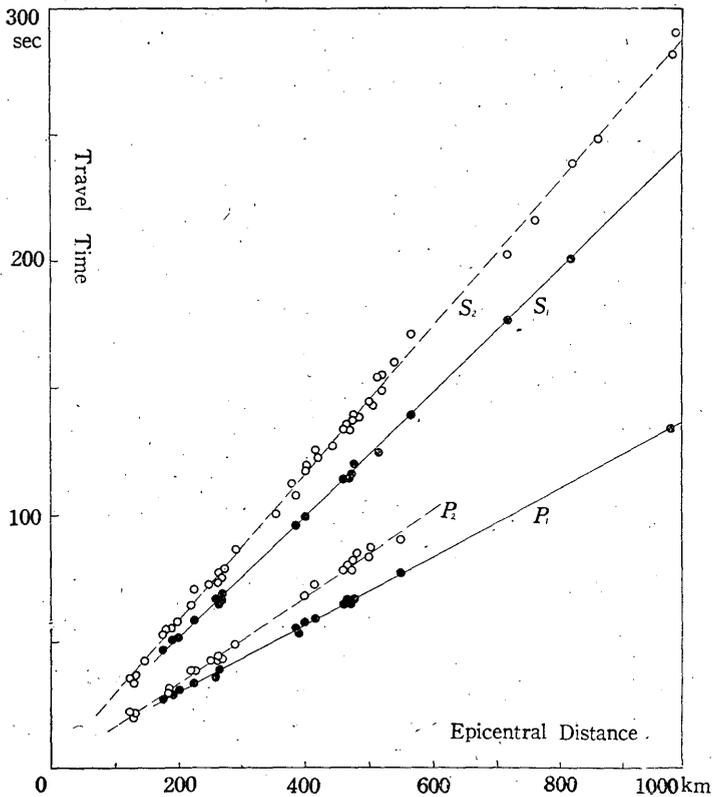


Fig. 7. Travel time curves of  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $S_1$  and  $S_2$

Tab. 2. Earthquakes in western Japan and their travel times to Matsushiro

No.	Date	Origin time (J. S. T.)			Location	Epicenter		Depth	$\Delta$	Travel time			
		h	m	s		$\lambda$ (E)	$\phi$ (N)			$P_1$	$P_2$	$S_1$	$S_2$
1	1953 May 30	22	03	06	Off Ishikawa Pref.	136.1	36.5	10	190	29		51	56
2	May 30	23	37	35	Inland Sea	133.2	34.2	15	525				154
3	May 31	13	08	30	Off Ishikawa Pref.	136.0	36.7	20	200	31		52	58
4	Jun. 8	22	49	56	Hiroshima Pref.	132.8	35.0	10	520				149
5	Jun. 19	01	36	04	Gifu Pref.	136.6	35.6	10	175	28		47	53
6	July 20	06	56	26	Mie Pref.	136.1	34.4	10	305				85
7	July 30	17	24	46	Inland Sea	132.8	34.1	20	565			140	162
8	Sept. 18	18	32	46	Wakayama Pref.	135.6	33.8	10	385	56		97	108
9	Oct. 8	08	53	27	Kii Channel	135.1	33.8	20	420				123
10	Oct. 28	11	08	36	West of Kyushu	129.3	31.8	20	980	134			282
11	Oct. 31	00	06	00	West of Kyushu	129.3	31.7	10	985				290
12	Nov. 7	23	39	03	Mie Pref.	136.4	34.7	10	265		43		74
13	Nov. 24	14	53	12	Kyoto Pref.	135.8	35.2	20	265		44		78
14	Nov. 27	04	25	55	Hyuganada	132.1	32.0	20	760				216
15	1954 Feb. 24	03	28	17	Miyazaki Pref.	130.9	31.8	20	860				248
16	Mar. 1	21	47	14	Near Niijima	139.1	34.3	10	265		42	67	75
17	Mar. 15	14	59	58	Hyogo Pref.	134.5	35.5	20	355				101
18	Mar. 22	06	54	49	Wakayama Pref.	135.2	34.2	10	380				113
19	Mar. 23	14	25	41	Hyuganada	132.1	32.6	20	715			177	203
20	Apr. 20	13	13	29	Kyoto Pref.	135.5	35.2	10	290		49		87
21	Apr. 23	19	55	50	Fukui Pref.	136.3	36.0	20	185		30		56
22	Apr. 26	15	20	21	Fukui Pref.	136.3	36.0	20	185		31		54
23	May 8	17	26	38	Shimane Pref.	132.8	35.1	10	520				156
24	May 16	21	56	28	Shimane Pref.	132.8	35.2	10	515			125	155
25	May 27	15	50	13	Hyuganada	131.7	31.7	20	820			201	239
26	Jun. 24	16	30	19	Kyoto Pref.	135.8	35.4	10	255		43		73
27	July 3	22	09	12	Mikawa Bay	137.0	34.8	10	220		39		65
28	Nov. 9	21	31	29	Gifu Pref.	137.0	35.7	10	145				43
29	Dec. 18	06	46	43	Inland Sea	133.1	34.1	10	540				161
30	1955 Jan. 1	19	11	00	Off Niigata Pref.	138.3	37.7	10	130		20		34
31	Feb. 12	10	47	39	Aichi Pref.	136.8	34.9	10	225	34	39	59	71
32	Feb. 13	02	27	41	Wakayama Pref.	135.2	33.9	10	400				118
33	Feb. 17	17	06	10	Fukui Pref.	136.3	36.0	20	180				55
34	Mar. 2	07	17	16	Yamanashi Pref.	138.9	35.5	10	135		23		36
35	Mar. 2	07	21	27	Yamanashi Pref.	138.9	35.5	10	135		23		36
36	Apr. 10	10	19	12	Tokushima Pref.	134.2	34.1	10	455				128
37	Apr. 23	12	50	10	Inland Sea	133.4	34.4	10	500		84		145
38	Apr. 27	12	54	38	Mie Pref.	136.7	34.5	20	265	39	44	65	78
39	May 18	13	39	24	Tokushima Pref.	134.3	33.8	10	470			116	134
40	Jun. 23	22	19	00	Shimane Pref.	133.4	35.2	10	460	66	79	120	134
41	Jun. 23	22	41	28	Shimane Pref.	133.4	35.2	20	460	64	78	120	134
42	July 27	10	20	49	Tokushima Pref.	134.3	33.8	0~10	470	67		116	
43	July 27	14	21	03	Tokushima Pref.	134.4	33.8	0~10	475				137
44	July 29	03	17	54	Tokushima Pref.	134.3	33.8	0~10	470	67			137
45	July 30	07	48	50	Tokushima Pref.	134.4	33.8	0~10	465	66	81	115	136
46	Aug. 14	02	47	36	Tokushima Pref.	134.4	33.6	0~10	480		86		
47	Sept. 19	00	19	33	Tokushima Pref.	134.25	33.7	0~20	475		83	121	140
48	Oct. 2	04	17	33	Kochi Pref.	133.9	33.7	20	505		88		
49	Oct. 13	20	30	11	Tottori Pref.	134.0	35.5	10~20	400	58	69	100	120
50	Oct. 26	07	01	27	Tokushima Pref.	134.4	35.7	10	475		79		
51	Nov. 14	21	37	03	Mie Pref.	136.8	34.5	20	260	36			67
52	Dec. 3	23	27	47	Kii Channel	135.1	33.8	20	415	60	73		126
53	Dec. 5	22	30	53	Hiroshima Pref.	132.6	34.7	0~10	550	78	91		
54	Dec. 12	14	06	28	Wakayama Pref.	135.4	33.9	20	390	54	62		

央距離  $\Delta$  (km) と走時  $t$  (sec) を求めて記してある。

これから各相の走時曲線を書くとき Fig. 7 のようになった。これを見ると、各相とも、だいたい、一直線上にのっているとみなされるので、 $t = (\Delta/v) + t_0$  として、最小自乗法で、 $v$ ,  $t_0$  を求めてみると次のようになった。

$$P_1 : t = \frac{\Delta}{7.49 \pm 0.06} + (3.77 \pm 1.00),$$

$$P_2 : t = \frac{\Delta}{5.72 \pm 0.10} - (1.89 \pm 2.00),$$

$$S_1 : t = \frac{\Delta}{4.11 \pm 0.06} + (3.00 \pm 1.01),$$

$$S_2 : t = \frac{\Delta}{3.44 \pm 0.04} + (0.00 \pm 0.60).$$

これからみると  $P_2$ ,  $S_2$  はほとんど原点を通り、 $P_1$ ,  $S_1$  はそれよりややずれていて、 $P_1$  と  $P_2$  は  $\Delta$  が 138 km,  $S_1$  と  $S_2$  は  $\Delta$  が 63 km のところで交わることがわかる。

(ii) 解釈 走時の模様からまず考えられることは、Fig. 8 のように、震源が地殻上層中であつて、上層中をまっすぐ通ってきた直達波が  $P_2$ ,  $S_2$ 、上層の下の速度の速いところを通ってきた屈折波が  $P_1$ ,  $S_1$  であるとするところである。このように考えて、震源の深さを平均 10 km とし、水平成層を仮定して、走時曲線の交点から、上層の厚さを概算してみると、 $P_1$ ,  $P_2$  からは約 30 km ( $S_1$ ,  $S_2$  からは約 15 km) となる。これは従来知られていた値より多少小さい。

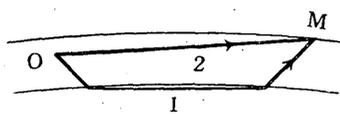


Fig. 8

(iii)  $S_2$  相について  
 $P_2$  相が読めたのは  $\Delta$  が 600 km 以内のものであるが、 $S_2$  は  $\Delta$  がそれ以上になっても十分大きく現れる。

いま震源の深さ  $h$  km, 上層の厚さ  $D$  km, 地球の半径を  $R$  km とすれば、直達波が現れうる最大距離  $\Delta_m$  は

$$\Delta_m = \sqrt{2RD} + \sqrt{2R(D-h)}.$$

$R=6400$  km,  $D=30$  km,  $h=10$  km とすると、 $\Delta_m=1,100$  km となる。

$\Delta$  が 1,300 km くらいまでの地震でも  $S_2$  に相当する波がかなり大きく出るので、これらは直達波というより、上層に沿ってきた表面波に近くはないかと思われる。なお、速度が  $S_2$  の速度として知られている値よりやや大きく 3.4~3.5 km/sec である点、立上りが急で普通の表面波のように正規分散をしない点、Press-Ewing<sup>(1)</sup> らの  $L_0$  波と似ていることも多いが、 $\Delta$  が 2,000 km

(1) F. Press and M. Ewing: Two Slow Surface Waves across North America, B. S. S. A. 42 (1952), 219-228, その他。

を越える地震(台湾, 中国方面など)では, これらの波は認め難いようである。

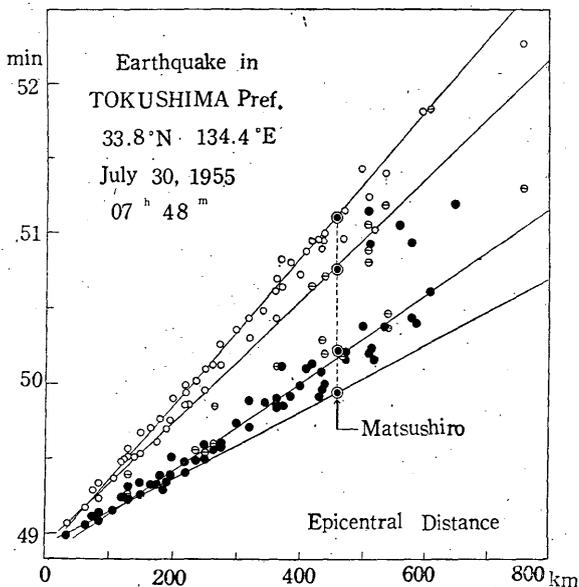


Fig. 9. An example of travel time curve of very shallow earthquake in western Japan

(iv) 付記 他の観測所(ウィーヘルト式, または, 普通地震計のある)ではこれらの相をどうとっているか, しらべてみると, 相当大きな地震( $M \geq 6$ くらい)では $\Delta$ が数百kmでも $P_1$ 相を初動と認めているが, それより小さい地震になると,  $P_1$ は見失われて,  $P_2$ または $P_1 \sim P_2$ の間を初動と認めることが多い。Sについても同様で $S_2$ をSとすることが多い。Fig. 9にその例を示してある。図で黒丸はPと報告している点, 白丸はSと報告している点,  $\ominus$ は相名を付けずに*i*または*e*と報告している点である。直線はFig. 7の $P_1$ と $S_2$ などと同じ線である。

このように, 松代で, 震央距離数百kmの極浅発地震のP, Sが2段にわかれるのは, 中部地方以西の地震に限られるようで, 東北方面の極浅発地震の記象をみても, 初めからPが割に大きく, はっきり2段に分れることは, まず無いようである。このことからみると, 日本の東北部と西南部では, 地殻構造が, かなり相異しているものと思われる。

なお, 上記 $P_2$ ,  $S_2$ を地表面反射波( $PP$ ,  $pP$ のような)として説明することは, 走時上むづかしいようである。