

# 松代の近地地震記象中の顕著な相について (その1)\*

宇津 徳 治\*\*

550.341

## Some Remarkable Phases on Seismograms of Near Earthquakes (Part 1)

T. Utsu

(Seismological Section, C. M. O.)

At the Matsushiro Seismological Observatory, two remarkable phases  $X_1$  and  $X_2$  (cf. Fig. 1) are found on seismograms of shallow earthquakes which occurred in the east part and off the east coast of Kwanto District (cf. Fig. 2 and Tab. 1). Their travel times (cf. Fig. 3), directions of motions, wave periods and amplitudes etc. are investigated and the causes of them are considered. The  $X_1$  phase is possibly due to the surface  $P$  wave propagation, and the  $X_2$  phase is possibly due to the wave transformation from  $S$  into  $P$  at the discontinuity somewhere within the crust.

### § 1. まえがき

松代地震観測所は遠地地震の国際的観測がおもな使命とされているが、近地地震の観測に対しても、いろいろつごうのよい条件を備えているものと思われる。松代の近地地震の記象は、それぞれの地震の震央位置、深さ、発震機構などによっていろいろ異なった様子を示すのももちろんであるが、一般に他の観測所の記象に比べて、純粹で、種々の位相が明りょうに出現するので、験測は割に楽であるが、

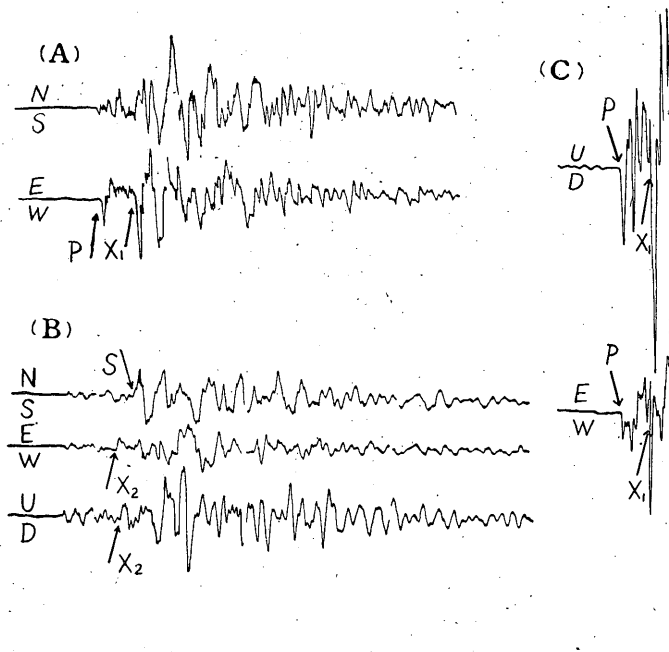


Fig. 1.  $X_1$  and  $X_2$  phases recorded by Galitzin's seismograph at Matsushiro (A) Aug. 16, 1952 (B) July 18, 1954 (C) July 24, 1955

\*Received Dec. 1, 1955

\*\* 中央気象台地震課

反面、相の命名に苦しむことがしばしばある。筆者は同所勤務中、各地域の地震に特有な顕著な相のいくつかについて、その性質をしらべたので、その結果を報告する。不十分な点は、さらに資料が蓄積されるのをまって、また、他の観測所の記象を参照して、再吟味したいと思う。なお、この調査に使用した地震計は、主として Galitzin 式 (3 成分) および短周期上下動 (10,000 倍) で、その他インク書き (E~W 成分 1,000 倍), 1 トン長周期 (水平 2 成分), Wiechert 式 (3 成分) なども参照した。

## § 2. 関東地方東部および東方沖の地震

関東地方東部およびその東方沖に発生した深さ 40~60km 前後の地震の松代の記象をみると、S 相の前に 2 種の顕著な相が見出される。Fig. 1 に  $X_1$ ,  $X_2$  と印したものがそれで、この相が明りょうに記録された 26 個の地震 (Table 1 に示す) について、その波の性質をしらべてみた。

Table 1. Times of  $P$  and durations of  $P\sim X_1$ ,  $P\sim X_2$  and  $P\sim S$  at Matsushiro

No.	Date and Time			$\lambda$ (E)	$\phi$ (N)	Depth	$P$		$P\sim X_1$	$P\sim X_2$	$P\sim S$	
	d	h	m	°	°	km	m	s	s	s	s	
1	1952	Feb.	26	03	41	141.3	36.2	40	42	04	20	32
2		May	02	20	13	140.8	35.6	50	14	26	13	26
3		May	08	09	58	140.2	35.5	50	59	14	14	27
4		July	08	21	56	140.9	36.2	30	57	00		26
5		Aug.	16	04	59	140.8	36.5	45	59	33	14	27
6		Nov.	02	10	42	140.6	36.2	45	42	33	14	25
7		Nov.	19	07	39	139.9	36.2	40	39	28		19
8	1953	May	11	04	49	141.1	36.2	40	49	53	16	29
9		July	10	04	21	140.8	35.7	30	21	38		20
10		Sept.	03	10	01	139.9	36.1	40	02	17		18
11		Dec.	25	20	56	139.8	36.2	60	56	50		18
12	1954	Jan.	17	20	46	140.1	36.1	70	46	36	12	23
13		May	04	15	24	141.2	36.4	40	25	32	* 14	28
14		July	18	18	07	141.1	35.5	40	08	20	17	31
15		July	18	19	38	140.9	36.4	40	38	53	12	23
16		July	18	21	46	141.0	35.5	40	47	16		27
17		July	18	23	20	141.0	35.6	50	20	53		27
18		Aug.	28	19	01	141.1	36.7	40	02	02	* 14	27
19		Sept.	02	15	18	140.2	35.8	70	19	07		19
20	1955	Jan.	11	16	35	139.9	36.2	50	36	07	9	18
21		Jan.	26	01	32	141.0	36.6	50	33	09		25
22		Mar.	20	02	16	139.8	36.2	50	16	39		16
23		May	26	21	45	141.3	36.2	40	46	25		31
24		June	23	17	39	141.4	37.4	60	40	29	17	34
25		July	24	20	02	140.7	35.7	70	02	47	13	24
26		Aug.	12	13	09	141.1	36.4	30	10	06		27

\* Initial motions of these  $X_1$  phases are in opposite directions from those of  $P$  phases.

i) 震央位置 Fig. 2 はその震央位置で、地震によって  $X_1$  または  $X_2$  だけ明りょうに出現して、他の一つの相ははっきりしないもの (白丸および黒丸で示す) と、両者とも明りょうに出現するもの (二重丸) とがある。図で震央が点在している地域内の地震で、ごく浅いものを除き、記

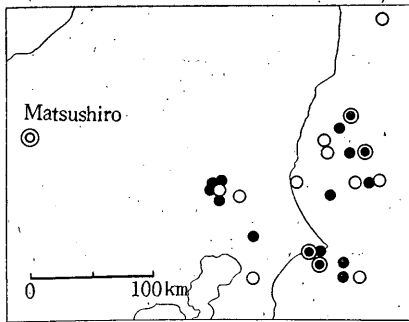


Fig. 2. Epicenters of earthquakes  
 ● Both  $X_1$  and  $X_2$  phases,  
 ○  $X_1$  phase, ●  $X_2$  phase are  
 found on Matsushiro seismogram

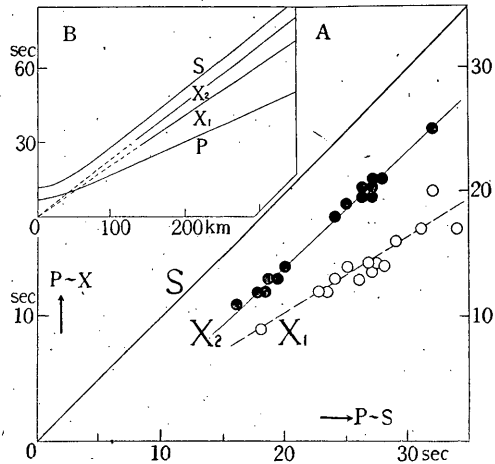


Fig. 3. Travel time curves of  $X_1$  and  $X_2$  phases

象がある程度以上大きければ、少なくともどちらか一つの相はたいい出現するようである。

ii) 走時 上記26個の地震について、 $P \sim S$ ,  $P \sim X_1$ ,  $P \sim X_2$ の時間を測り、横軸に  $P \sim S$ 、縦軸に  $P \sim X$ をとって、プロットすると Fig. 3 [A] のようになる。これを見ると、 $X_1$ の走時は  $P$  と  $S$  の中間の傾きを示し、 $X_2$ は  $S$  とほとんど平行であり、その時間間隔はやく6 sec であることがわかる。つぎに  $X_1$ ,  $X_2$ を直線にのるものと考え、これを普通の走時曲線(和達、鷺坂、益田、竹花  $H=40\text{km}$ ) 上に移転すると、Fig. 3 [B] のようになり、それぞれの見かけの速度は5.0 km/sec および 4.3km/sec となり、その延長はちょうど原点に達する。

iii) 振動方向、周期、振幅 この両相が出現する成分は、上下動と、水平動の縦波を書く方向の成分である。震央が松代からみてたいい東方に位置しているので、縦波は E~W 成分によく出て、横波は N~S 成分によく出る。 $X_1$ ,  $X_2$ 相は E~W 成分に卓越して、N~S 成分は割に不明りょうである。特に震央が真東のときこの傾向が著しい。そこで、両相とも松代に到着したときは縦波の性質をもっているものと思われる。

Fig. 1 の記象例からもわかるように、 $X_1$ は  $P$ に周期、波形が似ているが、 $X_2$ は  $S$ に似ているようにみえる。したがって、 $X_1$ ははじめ震源から縦波として出て、 $P$ と異なった経路を通過して松代に到着したものと思われ、また  $X_2$ ははじめ横波として出て、途中で縦波に変わり松代に到着したものと考えるとつごうがよい。

記象紙上の振幅は、 $X_1$ は  $P$ に比べて大きく平均2倍くらい、大きいときには4倍にも達するが、 $X_2$ は  $P$ よりは大きい  $S$ (N-S成分)よりは小さく、たいい  $1/3 \sim 1/2$  くらいである。

$X_1$ の初動方向は  $P$ の初動方向と Table 1 に \* 印を付けた2個のものを除き同じ方向である。

iv) 解釈 上述のような諸性質をもった  $X_1$ ,  $X_2$ 相が出る理由については、決定的な説明

を与えることはむづかしい。地殻上層の縦波の速度は 5 km/sec 前後であるから、 $X_1$  は震央付近から縦波が上層に沿って伝ってきたとするとつごうがよいが、簡単な水平構造の仮定から屈折波としてこのような波を出すことはできない。特殊な構造（たとえば Fig. 4 (A) のような）を考えれば縦波の径路が二通りあるようにすることはできるが、このときは横波についても二通りの径路がありそうに思える。 $P$  に対する  $X_1$  のような  $S$  に対する相はあまりはっきりしない。震源が上層中において  $P_n$  に対する  $P_g$  と考えることも、震源の深さが少し深すぎて不自然である。

また、地表面反射を考えても走時の説明が困難となる。Sakai<sup>(1)</sup>

また最近 Takeuchi-Kobayashi<sup>(2)</sup> の理論的研究によれば、半無限弾性体内に震源があるとき、表面に沿って伝ばする一種の  $P$  波が存在することが知れるが、あるいはこのような波に当るのかもしれない。

$X_2$  相については、横波がどこか不連続面を横切るとき、縦波に変わったものと考え、振幅については不合理はないが<sup>(3)</sup>、Fig. 4 (B) のような水平構造を考えたのでは、走時の説明が困難となる。不連続面で生じた縦波ともとの横波の経路がだいたい一致するような構造（たとえば Fig. 4 (C)）を考えると、不連続面を通過してからの縦波、横波の速度を 5.0 km/sec、3.0 km/sec とすれば、観測点から不連続面までの距離は 45 km 程度となる。

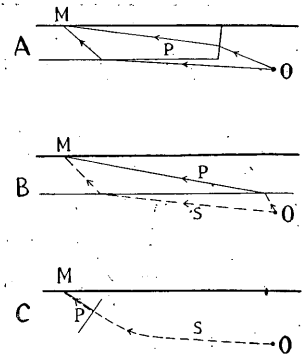


Fig. 4. Paths of seismic rays

- (1) T. Sakai : On the Propagation of Tremors over the Plane Surface of an Elastic Solid by an Internal Source. Geophys. Mag. 8 (1934) 1—71.
- (2) H. Takeuchi and N. Kobayashi : Wave Generations from Line Sources within the Ground. Jour. Phys. Earth 3 (1955) 7—16.
- (3) 河角広, 鈴木武雄 : 地殻表層に於ける地震波の反射及び屈折. 地震 4 (1932) 277—307