

32. *Sur les caractéristiques des ondes sismiques d'après nos observations à l'aide des grands sismographes accélérométriques d'une tonne.*

Par Kumizi IIDA,

Institut de Recherches sur les Tremblements de terre.

(Lu le 17 avril 1940.—Reçu le 20 septembre 1940.)

1. Introduction.

Dans le mémoire précédent,¹⁾ nous avons exposé comment sont construits les deux sismographes accélérométriques horizontal et vertical et quels sont les enregistrements obtenus avec ces appareils. Nous disposons maintenant d'un certain nombre d'enregistrements et nous nous proposons ici de les analyser, dans l'espoir de découvrir la nature des ondes sismiques ainsi que celle des tremblements terrestres. Nous avons étudié pour cela les points suivants :

1° L'accélération des petites secousses, 2° leur fréquence d'accélération maxima, 3° le rapport de l'échelle d'intensité avec l'accélération maxima, 4° leurs périodes prédominantes d'oscillations, 5° le rapport de l'intensité ou de l'accélération maxima avec la période prédominante d'oscillation, 6° le degré de décroissance de l'amplitude de l'accélération dans les secousses. Il est à remarquer que les analyses se sont poursuivies jusqu'à présent avec les sismographes accélérométriques pour les composantes horizontales, mais nous allons analyser ici aussi les tracés des composantes verticales.

Une secousse sismique n'est pas une motion d'harmonie simple, mais un ensemble complexe de diverses ondes de périodes différentes, changeant d'amplitude avec le temps. Pour définir les caractères des secousses, les études sur les éléments ci-dessus indiqués ne sont pas suffisantes et elles doivent porter sur bien d'autres éléments. Nous nous proposons d'étudier ces éléments en allant du simple au complexe.

Les résultats obtenus par nos études confirment les points suivants : les petites secousses semblent avoir des caractères analogues à ceux des tremblements assez grands ; l'accélération maxima de ces petites secousses

1) K. IIDA, "Grands sismographes accélérométriques d'une tonne pour les composantes horizontales et verticales; leur construction et leurs enregistrements," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 18 (1940), 514. K. IIDA, *Zisin*, 12 (1940), 249-261.

ne dépasse pas 0.4 gal; on observe un plus grand nombre de tremblements de terre avec une accélération moindre, et il existe entre le nombre des secousses et l'échelle d'intensité un rapport constant. Mais l'étude sur les rapports entre les périodes prédominantes et l'intensité, ne portant pas sur les petites secousses, était insuffisante. Les études que nous avons poursuivies confirment les points suivants: les périodes prédominantes des petites secousses sont relativement courtes; elles ont une tendance à grandir à mesure que la distance et l'intensité augmentent. Il y a donc un rapport intime entre les secousses sismiques et l'épaisseur des diverses couches dans l'écorce superficielle. Il conviendrait, par conséquent, d'en tenir compte quand l'on s'occupe des dégâts causés par les secousses du sol.

2. Observation des tremblements de terre.

Nos appareils sismographes sont, comme nous venons de l'expliquer, de deux sortes, l'un est horizontal et l'autre vertical, et les secousses selon qu'elles sont horizontales ou verticales, sont enregistrées séparément sur une feuille de papier, couverte de suie, enroulée sur un tambour tournant. Chaque jour, le papier enduit de suie est renouvelé et les parties des appareils, telles que l'amortisseur et d'autres, sont contrôlées pour voir si elles sont en bon état.

A cause de leur sensibilité très élevée, nos appareils enregistrent non seulement les tremblements de terre proprement dits, mais encore toutes les secousses causées par l'intervention humaine, tel que travaux de construction, passages de voitures, exercices de gymnastique, vibrations du moteur de notre Institut, ou même les portes s'ouvrant ou se fermant. On peut, cependant, clairement identifier la plupart de ces mouvements par leurs fréquences d'amplitudes ou leur périodes. Cela nous permet de les distinguer des vrais tremblements de terre. Il arrive toutefois, bien que très rarement, que nous hésitons à décider s'il s'agit de vrais ou de faux tremblements de terre, et nous avons omis tout ceux qui nous semblent douteux.

L'observation des secousses sismiques par nos appareils se poursuit depuis la fin de mai 1939 et le tableau I montre les séismes ressentis ou non-ressentis ayant eu lieu jusqu'à juillet dernier, cette période couvre donc à peu près un an. On n'y voit pas l'enregistrement des premiers mois, étant donné qu'ils étaient plutôt une époque d'essai.²⁾

L'accélération maxima qu'on peut prendre pour indiquer l'intensité

2) Ma conférence au colloquium de l'Institut a porté sur les observations jusqu'à la fin de mars 1940.

Tableau I. Temps d'occurrence, durée des secousses préliminaires, et accélération maxima des secousses.

(* séisme sensible.)

No.	temps d'occurrence				durée prél.	accélération maxima		$\sqrt{h^2+v^2}$
						horizontal (h)	vertical (v)	
	1939	j	h	m	sec	gal	gal	gal
1*	juillet	2	21	33	5.1			
2		5	12	56		0.26		
3		8	15	35		0.26		
4		9	18	50		0.21		
5		10	14	23	11.9	0.18		
6		11	12	23	10.4	0.18		
7		11	14	54		0.17		
8		13	14	44	20.	0.18		
9		14	18	02		0.31		
10		14	21	42		0.12		
11		15	6	44	6.6	0.19		
12		18	18	42	13.8	0.05		
13		19	19	05	15.2	0.16		
14		20	5	19	29.	0.17		
15		26	7	47	12.8	0.34		
16		27	6	11	21.	0.18		
17*		28	10	07	23.1	0.31		
18*		28	14	21	27.7	0.84		
19		30	7	14		0.14		
20		30	21	56	11.4	1.12		
21	août	2	23	15	20.4	0.17		
22		3	17	22	21.	0.36		
23		4	12	16	32.1	0.18	0.33	0.38
24		4	14	16	32.	0.04		
25		6	9	34	7.6		0.16	
26		7	19	56	14.7	0.17		
27		8	9	46	16.1	0.17	0.16	0.24
28		8	9	48	16.8	0.36	0.36	0.51
29		13	0	33			0.03	
30		13	6	24	10.3	0.14	0.14	0.20
31		15	11	51		0.07		
32		16	7	53		0.12		
33		16	11	05	9.5	0.10	0.42	0.43
34		17	1	58	26.4	0.18	0.18	0.26
35		17	17	17	10.4	0.29	0.32	0.43
36		18	0	48	32.6	0.38	0.34	0.51

Tableau I. (suite.)

No.	temps d'occurrence			durée prel.	accélération maxima		$\sqrt{h^2+v^2}$	
					horizontal (h)	vertical (v)		
	1939	J	h	m	sec	gal	gal	gal
37	août	18	14	24			0.03	
38		18	22	28	5.5	0.05	0.03	0.06
39		20	4	58		0.16		
40		20	7	30	13.3	0.38		
41*		20	9	25	6.9	1.60	0.78	1.80
42		22	2	59	23.0	0.07	0.16	0.18
43		22	5	55	20.7	0.18	0.11	0.22
44*		22	9	07	31.5		0.75	
45		23	9	13		0.17	0.17	0.24
46		26	3	22			0.06	
47		28	5	17		0.18	0.18	0.26
48		29	12	29		0.05	0.03	0.06
49*		29	18	10	13.8	1.15	0.90	1.45
50*		29	19	50	9.6	0.54	0.27	0.68
51		30	4	40	10.4	0.06	0.02	0.07
52		30	7	27	32.3	0.05	0.15	0.16
53		30	7	26			0.15	
54	septembre	9	16	37				
55*		12	14	5	7.8		3.66	
56		13	11	06	7.6	0.36	0.47	0.60
57		13	8	02	10.7	0.36	0.12	0.44
58		14	14	56	9.0	0.62	0.53	0.82
59		14	15	43	10.0		0.03	
60		15	6	07	19.0	0.16	0.16	0.23
61		16	15	44	25.3	0.05	0.08	0.10
62		18	21	50	7.4	0.18	0.38	0.42
63		20	18	49	9.3	0.08	0.16	0.18
64		21	16	56	20.1	0.12	0.14	0.19
65		22	0	24	18.2	0.18	0.25	0.31
66		22	12	24		0.10	0.07	0.12
67		25	17	45	13.6	0.26	0.23	0.35
68*		28	1	44	10.5	0.37	0.46	0.59
69*		30	22	37	12.2	0.80		
70		30	23	38	20.0		0.79	
71	octobre	1	0	40			0.06	
72		2	1	41			0.01	
73*		2	6	50	9.1		2.29	
74*		4	6	16	9.2	0.78	0.63	1.01

Tableau I. (suite.)

No.	temps d'occurrence			durée prel.	accélération maxima		$\sqrt{h^2+v^2}$	
					horizontal (h)	vertical (v)		
	1939	j	h	m	sec	gal	gal	gal
75	octobre	5	2	13	21.6	0.18	0.15	0.26
76		5	8	32	9.6	0.22	0.17	0.28
77		6	1	30	12.2	0.10	0.15	0.18
78*		6	6	17	8.3	3.55	2.12	4.15
79*		6	15	21	7.3	0.65		
80		7	18	23			0.02	
81*		8	6	05	22.7	0.67	0.61	0.91
82*		10	22	55	24.6	0.89	0.79	1.20
83		10	23	16	21.4	0.17	0.17	0.24
84*		11	3	33	51.2	0.74	0.63	0.98
85*		11	3	52	43.2	0.67	0.27	0.73
86		11	3	53		0.34	0.29	0.45
87		12	14	02		0.06	0.08	0.10
88		13	5	4	9.5	0.36	0.63	0.73
89*		13	11	14	14.7	0.07		
90		13	22	12	13.0	0.17	0.16	0.24
91		14	19	54				
92		15	8	17		0.06	0.07	0.10
93		19	15	50		0.14		
94		19	22	08	8.1	0.36		
95	22	23	95	78.1	0.28	0.26	0.38	
96	24	22	58		0.07	0.18	0.20	
97	24	23			0.10	0.07	0.12	
98	30	4	46	15.0	0.19	0.19	0.27	
99	novembre	2	10	07	8.1	0.36	0.41	0.55
100		3	13	36	12.2	0.18	0.30	0.35
101		4	0	3	9.1	0.76	0.21	0.79
102		9	6	50	9.1	0.26	0.53	0.60
103		9	21	11	11.0	0.24	0.46	0.52
104		11	21	49		0.05	0.07	0.09
105		11	17				0.05	
106		15	4	43	7.4	0.18	0.17	0.32
107		17	18	41		0.05	0.07	0.09
108		18	0	48			0.03	
109		20	19	15	10.7	0.25	0.19	0.32
110		20	21	28	9.	0.32	0.18	0.37
111		21	8	32		0.12	0.13	0.18
112	22	13	48		0.07	0.02	0.08	

Tableau I. (suite.)

No.	temps d'occurrence				durée prel.	accélération maxima		$\sqrt{h^2+v^2}$	
						horizontal (h)	vertical (v)		
	1939	j	h	m	sec	gal	gal	gal	
113	novembre	22	21	41	9.5	0.18	0.13	0.22	
114		24	7	33		0.16	0.16	0.23	
115		25	3	18	5.9	0.25	0.25	0.36	
116		28	0	15	9.8		0.05		
117		28	11	52	25.	0.18	0.14	0.23	
118*		30	7	21	22.5	0.72	0.32	0.79	
119		décembre	5	7	43	8.4	0.65	0.53	0.84
120*			7	2	58	32.5	0.38	0.21	0.44
121			9	4	32	8.1	0.16	0.15	0.22
122			9	5	03			0.04	
123	9		4	23			0.14		
124	13		8	56		0.02	0.06	0.07	
125	16		2	42	8.8	0.36	0.63	0.73	
126	16		19	34	101.	0.34	0.38	0.51	
127	18		3	07	15.7	0.06	0.09	0.11	
128	19		11	4	8.1	0.17			
129*	20	19	24	8.5	1.82	1.04	2.10		
130	21	3	13		0.23	0.15	0.28		
131	22	14	39	11.5	0.36	0.32	0.48		
132	22	6	08			0.06			
133	27	4	53		0.07	0.06	0.09		
134	31	14	18		0.10	0.15	0.18		
135	31	15	32		0.07	0.08	0.11		
136*	31	15	53	12.6	5.69	2.08	0.10		
	1940								
1	janvier	31							
2		2	22	26	5.5	0.13	0.08	0.16	
2*		3	23	15	22.2	0.38	0.26	0.46	
3		3	15	56	5.5		0.23		
4		3	18	05	5.7		0.11		
5		4	7	10		0.07	0.14	0.16	
6		4	19	29	5.3	0.16	0.15	0.19	
7		5	13	11	22.2	0.18	0.14	0.23	
8		6	10	51		0.05	0.02	0.06	
9		6	11	48		0.06	0.03	0.07	
10		6	12	58		0.17	0.15	0.23	
11		7	11	46	10.0	0.34	0.17	0.39	
12		7	12	22		0.18	0.04	0.19	
13	7	14	48	19.1	0.70	0.47	0.81		

Tableau I. (suite.)

No.	temps d'occurrence				durée prel.	accélération maxima		$\sqrt{h^2+v^2}$	
						horizontal (h)	vertical (v)		
	1940	j	h	m	sec	gal	gal	gal	
14*	janvier	10	5	02	30.9	0.31	0.16	0.35	
15*		11	18	5	8.9	1.12	0.65	1.30	
16*		15	15	01	8.8	1.66	1.49	2.24	
17		16	21	32			0.18		
18		17	0	31	11.9	0.29	0.14	0.32	
19		17	0	40		0.17	0.08	0.19	
20		17	9	18	25.3	0.38	0.25	0.46	
21		17	10	17					
22*		18	0	1	13.8		2.48		
23		18	15	47		0.20			
24		18	14	27		0.36			
25		19	8	48	11.4	0.29	0.16	0.33	
26		19	17	37	25.2	0.16	0.15	0.22	
27		19	23	07	6.7	0.18	0.16	0.24	
28*		19	23	32	6.2	8.16	7.14	10.85	
29		20	0	13		0.36			
30		21	16	45		0.05			
31		22	2	43	12.8	0.18	0.10	0.21	
32		23	2	33	8.6	0.20	0.21	0.30	
33		24	17	40		0.05	0.06	0.08	
34		27	23	20		0.19	0.15	0.25	
35		février	9	13	17	23.3	0.72	0.34	0.79
36			9	22	49		0.18	0.08	0.20
37			13	21	11	13.5	0.28	0.27	0.39
38			17	1	27	8.9	0.58	0.63	0.86
39			18	8	43	18.0	0.17	0.15	0.23
40			22	2	13	9.6	0.30	0.25	0.39
41			22	5	26				
42	22		22	57	9.1	0.12	0.17	0.21	
43*	24		4	51	9.0	1.54	1.64	2.26	
44*	25		3	50	10.3	1.54	0.82	1.75	
45	26		20	48	19.0	0.36	0.32	0.49	
46	26		22	19		0.16	0.11	0.20	
47	27		20	39		0.10	0.05	0.12	
48	29		0	42	7.2	0.37	0.16	0.41	
49*	mars		1	16	59	13.7	0.79	0.47	0.92
50*		4	14	29	9.2	1.26	0.91	1.56	
51		7	15	55	18.2	0.17	0.32	0.36	

Tableau I. (suite.)

No.	temps d'occurrence				durée prel.	accélération maxima		$\sqrt{h^2+v^2}$
						horizontal (h)	vertical (v)	
	1940	j	h	m	sec	gal	gal	gal
52	mars	8	1	46		0.05	0.04	0.07
53		8	4	19	9.1	0.19	0.15	0.24
54		8	23	10		0.02	0.01	0.02
55		8	23	30		0.12	0.06	0.14
56		9	0	15				
57		9	1	19				
58*		9	12	34	9.8	0.90		
59*		9	19	49	89.5	0.50	0.63	0.81
60		9	20	27			0.30	
61		11	20	27	78.2	0.07		
62		12	5	21		0.06		
63		12	10	14			0.09	
64		12	10	19	22.8	0.18	0.09	0.20
65		12	10	45	11.4	0.17	0.09	0.19
66*		13	3	51	10.8	1.48	0.80	1.69
67		15	1	23	15.1	0.20	0.22	0.30
68*		15	21	34	8.8	1.34	0.93	1.64
69		16	17	48	6.7	0.25	33.0	0.42
70		17	1	51	12.4	0.34	0.29	0.45
71		20	3	16	4.3	0.07	0.16	0.18
72		20	3	54	18.0	0.12	0.13	0.18
73		20	17	36	12.7	0.20	0.26	0.33
74		22	12	26	4.8	0.04	0.14	0.15
75		22	19	34	21.0	0.32	0.25	0.41
76		23	7	00		0.12	0.06	0.14
77		24	5	18	13.8	0.35	0.33	0.49
78		25	17	53	9.5	0.14	0.16	0.22
79		28	14	40	21.1	0.20		
80		28	17	52		0.22		
81		31	6	57	27.	1.07	0.06	0.18
82	avril	2	15	57	12.4	0.18	0.16	0.24
83*		2	18	54	9.1	1.07	0.80	1.34
84		5	11	08	16.4	0.35	0.16	0.39
85		5	18	24	7.00	0.06	0.05	0.08
86		5	19	54	13.5	0.18	0.16	0.24
87		5	23	44	8.8	0.36	0.21	0.42
88		6	1	39	14.3	0.18	0.19	0.26
89		6	23	05	14.3	0.18	0.17	0.24

Tableau I. (suite.)

No.	temps d'occurrence				durée prel.	accélération maxima		$\sqrt{h^2+v^2}$
						horizontal (h)	vertical (v)	
	1940	j	h	m	sec	gal	gal	gal
90	avril	10	21	35			0·07	
91		11	1	27			0·12	
92		11	5	03			0·16	
93		12	1	27	10·5	0·41	0·45	0·61
94		12	14	53	25·2	0·36	0·24	0·44
95		12	20	43		0·05	0·06	0·08
96		16	16	15			0·06	
97		18	9	47		0·17	0·05	0·18
98		18	0	59	21·8		0·02	
99		19	6	44	20·3	0·26	0·29	0·39
100		19	11	38		0·17	0·20	0·26
101		20	5	18	49·2	0·12	0·13	0·18
102		23	1	16			0·03	
103		24	10	46			0·08	
104		25	20	26	9·5	0·23	0·20	0·31
105		26	14	18		0·17	0·09	0·19
106*	mai	2	3	26	8·9	1·41	1·42	2·10
107		3	8	11		0·11		
108		3	23	57			0·11	
109		5	22	05		0·02	0·01	0·02
110		5	23	35		0·02	0·02	0·03
111		6	9	08	10·3	0·18	0·08	0·20
112		6	18	02		0·02		
113		6	18	15		0·01		
114		6	23	44	14·3	0·05		
115		7	5	52		0·04		
116		7	6	18	22·8	0·05		
117		7	7	07		0·08		
118		9	20	46	15·5	0·18	0·15	0·24
119		12	12	58			0·15	
120		12	17	52	20·3		0·12	
121		12	21	46	8·9		0·13	
122		14	1	23	12·7	0·12	0·15	0·19
123		14	2	10			0·01	
124		14	3	05	12·9	0·18	0·17	0·25
125		14	9	00	22·	0·29	0·25	0·39
126		16	15	34	10·0	0·19	0·22	0·30
127		18	11	59	26·	0·18	0·13	0·22

Tableau I. (suite.)

No.	temps d'occurrence				durée prel.	accélération maxima		$\sqrt{h^2+v^2}$
						horizontal (h)	vertical (v)	
128	1940 mai	j 18	h 23	m 33	sec 7.6	gal	gal 0.38	gal
129		25	3	17	8.6	0.16		
130		28	3	41	9.5	0.12	0.16	0.20
131		30	15	24	10.1	0.19	0.15	0.25
132		31	20	30	10.0	0.36	0.32	0.49
133*		31	23	56	20.3	0.81	0.35	0.89
134	juin	3	0	30	8.6	0.12	0.03	0.12
135		3	4	10	18.0	0.06	0.02	0.07
136		4	18	50	10.4	0.24	0.15	0.39
137		6	10	06	21.8	0.08		
138		6	12	53			0.05	
139		6	16	26	21.7	0.14	0.10	0.17
140		7	17	10	24.2	0.13	0.05	0.25
141		10	8	56	13.2	0.11		
142		10	21	36	20.5	0.19	0.14	0.29
143*		12	23	00	23.6	2.73	0.94	2.90
144*		12	23	11	22.5	1.44	0.51	1.53
145		13	0	52		0.08	0.02	0.09
146		13	3	12	13.6	0.12	0.04	0.13
147		13	2	26			0.02	
148		13	3	37	62.4	0.19	0.15	0.25
149*		14	1	35	11.1	0.96	0.36	1.03
150		14	2	03	11.	0.24	0.16	0.29
151		15	15	45	7.6	0.36	0.32	0.48
152		15	18	08	23.3	0.42	0.16	0.45
153		19	2	28	41.4	0.22	0.16	0.24
154		19	11	36	7.4	0.23	0.16	0.24
155		21	10	50	21.8	0.05		
156*		21	17	51	9.4	1.13	0.63	1.30
157		21	18	44		0.12	0.15	0.19
158*		22	9	24	9.2	2.90		
159		22	12	27	10.	0.68		
160*		26	16	38	13.4	2.14	0.95	2.35
161		27	15	53		0.14	0.07	0.16
162		27	19	33	10.5	0.19	0.16	0.26
163*		27	22	37	9.4	0.42	0.34	0.54
164		30	9	04	9.5	0.26	0.16	0.31
165	juillet	2	2	33	8.8	0.29	0.16	0.34

Tableau I. (*suite.*)

No.	temps d'occurrence			durée prel.	accélération maxima		$\sqrt{h^2 + v^2}$	
					horizontal (<i>h</i>)	vertical (<i>v</i>)		
	1940	j	h	m	sec	gal	gal	gal
166	juillet	2	10	37		0.01	0.02	0.02
167		4	3	46		0.14	0.14	0.20
168		4	18	02	42	0.06	0.09	0.11
169		6	2	40			0.01	
170		6	6	00			0.03	
171		7	0	54	14.2	0.19	0.16	0.25
172		8	23	24		0.10	0.04	0.11
173		9	0	22		0.12	0.04	0.13
174		9	0	44	6.2	0.11	0.05	0.12
175		10	14	59	16.6	0.57	0.29	0.64
176*		10	15	04	28.5	0.62	0.32	0.70
177*		15	0	32	8.4		3.15	
178	22	23	37	8.1	0.26	0.32	0.42	
179	28	11	57		0.01			
180	29	3	07		0.01			
181	29	6	47			0.02		
182	29	9	03	12.3	0.02	0.01	0.02	

Tableau II. Echelle d'intensité, accélération maxima, et nombre des séismes.

échelle d'intensité	0	0'	I	II
accélération maxima	0~0.125 ^{gal}	0.125~0.5 ^{gal}	0.5~2 ^{gal}	2~8 ^{gal}
nombre (horizontal)	75	132	36	5
nombre (vertical)	85	136	26	5

sismologique, diffère suivant la nature de la secousse et la distance épacentrale plus ou moins grande. Elle constitue un élément important quand il s'agit des dégâts causés. Nous montrons dans le tableau I la valeur de ces accélérations qu'on a calculée. Le tableau II montre les tremblements de terre pendant la période citée, classés selon leur échelle d'intensité.

Nous avons fait cette étude en choisissant 12 exemples parmi les secousses sensibles et 12 autres parmi les non-sensibles.

3. Rapports entre l'échelle d'intensité et le nombre des séismes.

Sur les rapports entre l'échelle d'intensité et le nombre des séismes, nous avons déjà publié les résultats³⁾ de nos observations faites avec nos microsismographes. Ici nous publions les résultats basés sur les observations faites avec nos appareils.

Nous commençons par chercher la fréquence des tremblements sur l'amplitude de l'accélération, nous bornant aux tremblements représentés dans le tableau I, et nous montrons cette fréquence dans la Fig. 1 et le tableau III. On y voit en haut les nombres pour la composante horizontale, en bas les nombres pour la composante verticale. Dans la Fig. 1 l'abscisse représente l'amplitude, l'ordonnée le nombre des séismes. Pour ces abscisse et ordonnée nous employons l'échelle du logarithme. Comme on le voit, le rapport obtenu ainsi est, pour les deux sortes de secousses, horizontales et verticales, en rectiligne, sauf que les groupes dont la fréquence est petite, restent en dehors de cette ligne. D'après les résultats obtenus nous avons eu la confirmation que les tremblements dont l'accélé-

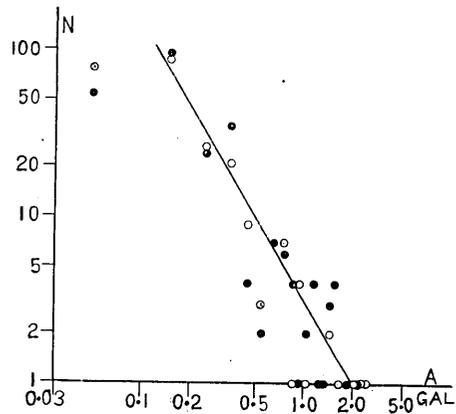


Fig. 1. Relation entre le nombre des petits séismes (N) et leur accélération (A).

- La composante verticale.
- La composante horizontale.

Tableau III. Accélération maxima et nombre des séismes.
(en haut les horizontaux, en bas les verticaux.)

Accélération maxima	1939					1940							total
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	
0 — 0.1 gal	8	3	6	3	5	5	1	6	3	8	4	6	58
	6	3	6	6	6	7	2	10	10	4	9	9	73
0.1—0.2	11	4	5	7	2	13	4	12	7	10	10	5	89
	10	4	7	7	4	13	4	5	10	10	10	3	87

3) M. ISHIMOTO et K. IIDA, "Observations sur les Séismes enregistrés par le Microsismographe construit dernièrement (1)," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 17 (1939), 443~478.

Tableau III. (suite.)

Accélération maxima	1939					1940							total
	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	
^{gal} 0.2-0.3	1 0	1 2	2 3	4 3	1 1	2 4	0 2	2 5	2 3	1 2	5 0	2 1	23 26
0.3-0.4	4 5	3 1	3 0	2 1	4 2	5 0	4 2	3 3	3 0	1 3	1 3	0 2	33 21
0.4-0.5	0 1	0 2	0 0	0 2	0 1	0 1	0 0	1 1	1 1	0 0	2 0	0 0	4 9
0.5-0.6	1 0	0 1	0 0	0 1	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	0 1	0 0	3 3
0.6-0.7	0 0	1 0	3 4	0 0	1 1	1 1	0 0	0 1	0 0	0 0	0 0	1 0	8 7
0.7-0.8	0 2	1 1	2 1	1 0	0 0	0 0	1 1	1 1	0 1	0 0	0 0	0 0	6 7
0.8-0.9	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	0 1	1 0	0 0	1 0	0 0	0 0	3 1
0.9-1.0	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 2	0 0	0 0	1 1	0 0	1 4
1.0-1.1	1 0	0 0	0 0	0 0	0 1	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	2 1
1.1-1.2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	1 0	0 0	1 0	0 0	3 0
1.2-1.3	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0						
1.3-1.4	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0						
1.4-1.5	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 1	0 0	1 0	0 0	1 1	1 0	0 0	3 2
1.5-1.6	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	2 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	4 0
1.6-1.7	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 1
1.7-1.8	0 0												
1.8-1.9	0 0	0 0	0 0	0 0	1 1	0 0	1 1						
1.9-2.0	0 0												
2.0-2.1	0 0	0 0	0 1	0 0	0 1								

ration est petite sont nombreux, et que ceux dont elle est grande sont peu nombreux. Nous avons trouvé entre eux un rapport

$$NA^m = K \text{ (constant).} \quad (1)$$

Ici m est une constante déterminée par le degré d'inclination de la ligne qui représente le rapport ci-dessus. Et

la composante horizontale $m=1.67, K=3.2,$

la composante verticale $m=1.62, K=3.8.$

Il est remarquable que les valeurs numériques pour les deux composantes des secousses aient tendance à être semblables.

Considérons ensuite le rapport entre l'accélération, l'échelle d'intensité et le nombre des secousses, en y comprenant tous les tremblements sensibles. Comme il n'existe pas de tracé pour la composante verticale des grandes secousses, nous sommes obligés de nous borner au mouvement horizontal. On connaît déjà,⁴⁾ concernant les tremblements sensibles, leur accélération réelle et observée, mais nous reproduisons ici, pour la facilité de compréhension, leur intensité, leur accélération maxima

Tableau IV. L'accélération maxima pour la composante horizontale et le nombre des séismes.

degré	l'accélération maxima pour la comp. horiz.	nombre des séismes	
	gal		
0'	0.125~0.5	132	Un an (de juillet 1939 à août 1940.)
I	0.5 ~2	44.1	Moyenne de 14 ans (1924~1937)
II	2~8	10.9	"
III	8~32	2.8	"
IV	32~128	0.43	"
V	128~512	0.21	"
VI	512		

et leur nombre dans le tableau IV. Dans la Fig. 2, l'abscisse représente l'échelle d'intensité et l'accélération maxima, l'ordonnée le nombre des tremblements de terre. Les deux axes des coordonnées sont fournis par l'échelle logarithmique. Si nous nous bornons aux séismes sensibles, le rapport entre l'échelle d'intensité et leur nombre, est, comme nous venons de le voir, en ligne droite, et le nombre des petits tremblements de terre, dont l'échelle d'intensité correspond à 0', se répartit presque sur cette ligne. Ce fait traduit une des caractéristiques

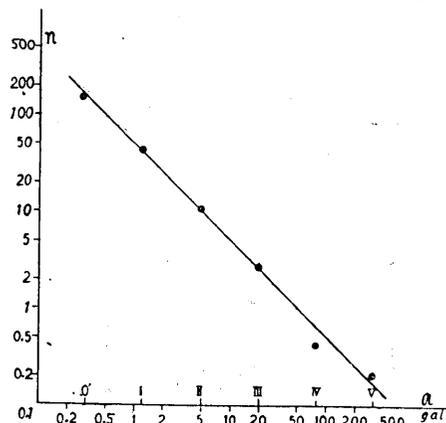


Fig. 2. Relation entre le nombre des séismes (n) et leur intensité (a).
0'~V: l'échelle d'intensité.

4) *loc. cit.*, 3).

des tremblements de terre. Bref, nous pourrions dire que les petits tremblements de terre ont des caractères similaires à ceux des grandes secousses.

Le rapport ainsi obtenu entre l'échelle d'intensité ou l'accélération maxima(a) et le nombre(n), est, comme on l'a constaté dans les petits secousses,

$$na^{m'} = k' \text{ (constant).} \quad (2)$$

m' , k' étant les constantes déterminés par l'inclination de la rectiligne. Et

$$m' = 0.96,$$

$$k' = 50.0.$$

Il est intéressant de remarquer que l'angle d'inclination est de 45° pour l'ordonnée. Nous pourrions donner la même interprétation dans le mémoire précédent⁵⁾ à la caractéristique exprimée par l'équation (2). Si nous supposons que l'envergure de l'hypocentre est en général grande dans les grands séismes et que l'hypocentre se développe avec le temps pour produire le grand tremblement, nous pouvons dire, étant donné qu'il n'y a pas beaucoup d'hypocentres pouvant se développer à une grande envergure pour causer le grand tremblement de terre mais que ceux qui restent de petite envergure sont nombreux, que plus les tremblements sont forts, plus ils sont rares. Par conséquent, nous avons obtenu la confirmation que les tremblements sont d'autant moins nombreux qu'ils sont plus grands, et qu'ils sont d'autant plus nombreux qu'ils sont plus petits.

Pour considérer ensuite le rapport entre l'accélération maxima et la durée des secousses préliminaires, nous nous bornons aux tremblements représentés dans le tableau I. Dans les Figs. 3a, b l'abscisse représente

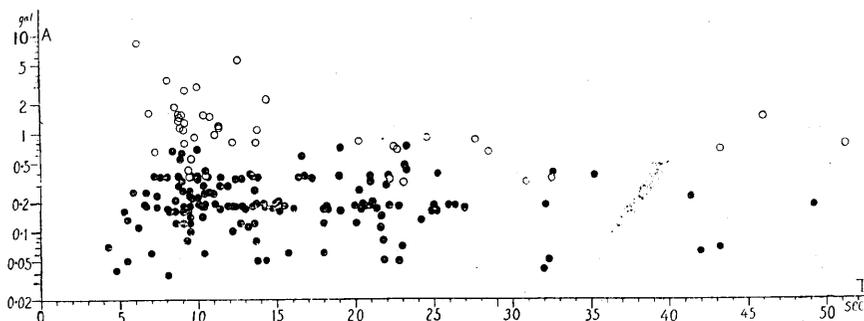


Fig. 3a. Relation entre l'accélération maxima (A) pour la composante horizontale (h) et la durée des secousses préliminaires (T).

5) *loc. cit.*, 3).

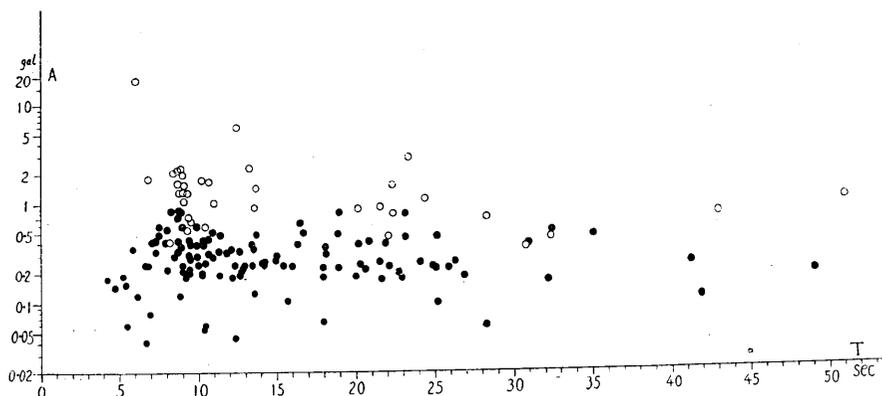


Fig. 3b. Relation entre l'accélération maxima (A) composé des deux composantes: horizontale et verticale ($\sqrt{h^2 + v^2}$) et la durée des secousses préliminaires (T).

l'accélération maxima, l'ordonnée la durée des secousses préliminaires. Comme on le voit, nous pouvons dire que l'accélération maxima dans les secousses ressenties est au-dessus de 0.3 gal pour la composante horizontale, et elle est au-dessus de 0.4 gal pour es secousses ayant les deux composantes: verticale et horizontale.

De plus, nous avons trouvé qu'il n'y a pas de séismes avec une durée de secousses préliminaires au-dessous de 4 secondes.

4. Période prédominante dans les petites secousses non-ressenties.

Peu de temps après l'invention du sismographe, on a constaté que les caractères des tremblements terrestres n'étaient pas uniformes dans les divers endroits observés. Le regretté Professeur M. Ishimoto,⁶⁾ ayant installé une dizaine de sismographes accélérométriques à divers endroits dans la ville et dans le voisinage de Tokyo, a indiqué, d'après les résultats de ses observations, que chaque endroit a ses propres périodes prédominantes. Il a démontré aussi que celles-ci sont des périodes d'oscillation due au cisaillement, les première ou troisième oscillations pouvant être entraînées suivant la distance plus ou moins grande de l'épicentre, et qu'elles sont en rapport intime avec l'importance des dommages sismiques infligés aux bâtiments lors d'un grand tremblement.

L'observation des secousses montre qu'à Hongo les périodes de 0.3 seconde sont prédominantes. Nous allons examiner si cette caractéristique

6) M. ISHIMOTO, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 12 (1934), 234~248; 13 (1935), 592~607.

se retrouve dans les petites secousses pour établir leurs rapports avec les grandes, ce qui importe pour éclaircir la nature des secousses sismiques.

Pour constater la période prédominante, nous avons recouru à la méthode courante⁷⁾ qui consiste à agrandir l'enregistrement 4 fois environ par le moyen photographique. Puis, ayant choisi une accélération près de la ligne zéro, nous avons marqué toutes les ondes ayant dépassé ou ayant été près de dépasser cette limite, nous avons lu leurs positions jusqu'au 0.1 millimètre ce qui correspond à 0.01 seconde, et enfin calculé l'intervalle entre deux positions successives représentant la période des secousses. Nous avons ainsi construit la courbe de fréquence du nombre d'ondes pour chaque intervalle. Nous avons fait correspondre la période prédominante à la valeur maxima de l'ordonnée de la courbe.

Tandis que l'étude sur les périodes prédominantes était faite jusqu'ici en se basant surtout sur la partie principale des secousses, nous avons pris en outre pour objet d'études la partie préliminaire des secousses pour éclaircir la nature des ondes de ces deux parties. De plus, nous nous sommes occupés de savoir quelles sont les périodes des oscillations qui dominent dans les parties des composantes horizontale et verticale des mêmes secousses.

Nous avons choisi les petites secousses des jours suivants pour l'étude des périodes prédominantes :

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| (1) No. 62: le 18 septembre 1939. | (7) No. 48: le 29 février 1940. |
| (2) No. 115: le 25 novembre 1939. | (8) No. 53: le 8 mars 1940. |
| (3) No. 119: le 5 décembre 1939. | (9) No. 72: le 20 mars 1940. |
| (4) No. 37: le 13 février 1940. | (10) No. 73: le 20 mars 1940. |
| (5) No. 38: le 17 février 1940. | (11) No. 94: le 12 avril 1940. |
| (6) No. 40: le 22 février 1940. | (12) No. 125: le 14 mai 1940. |

Les figures de 4 à 9 donnent les courbes de fréquence des périodes dans les secousses survenues à ces dates. Dans toutes les figures, la courbe obtenue avec la composante horizontale se trouve à droite et celle avec la composante verticale à gauche. Comme on voit, la courbe pour les verticales est plus simple que celle pour les horizontales, et dans les deux cas on voit clairement qu'il y a un maxima de fréquence de certaines périodes. Le tableau V montre leur valeur, c'est-à-dire les périodes prédominantes.

La période prédominante dans la partie des secousses principales qui donne dans la composante horizontale l'accélération maxima dans les petites secousses, ne dépasse pas en général 0.2 seconde, et dans les secousses préliminaires elle est environ de 0.1 seconde. Nous appellerons

7) *loc. cit.*, 6).

la secousse préliminaire l'onde "P" et la principale l'onde "S." Quant aux ondes P dans la composante verticale, leurs périodes prédominantes sont de 0.1 seconde environ et pour les ondes S il y a une prédominante de 0.1 à 0.15 seconde. Par conséquent les périodes prédominantes dans

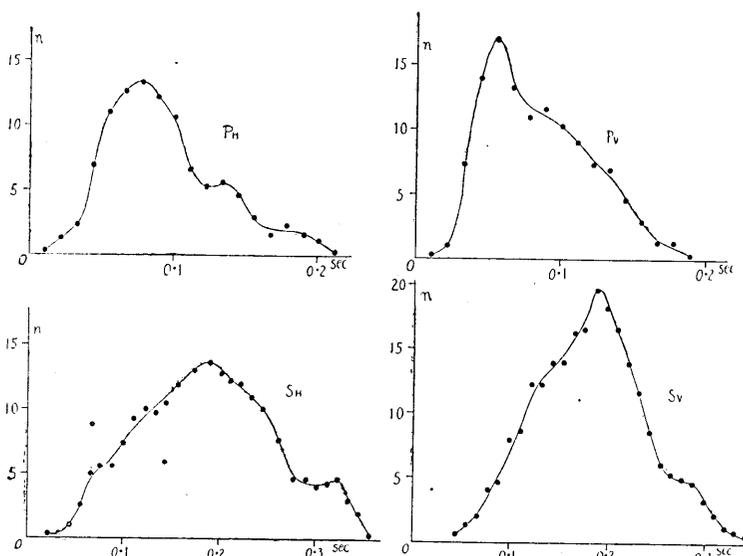


Fig. 4. Courbes de fréquence des périodes pour le séisme du 25 novembre 1939, No. 115. L'ordonnée: le nombre d'ondes. L'abscisse: la période des secousses.

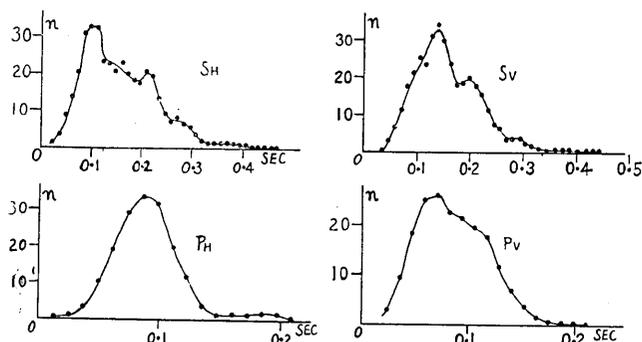


Fig. 5. Courbes de fréquence des périodes pour le séisme du 5 décembre 1939, No. 119.

les ondes P sont presque les mêmes dans les deux composantes, mais elles sont plus courtes que celles des ondes S. Celles des ondes S de la composante verticale se classent pour leur valeur entre celles des ondes S et P de la composante horizontale.

Voilà les périodes prédominantes dans les petites secousses. Elles varient suivant la distance plus ou moins grande de l'épicentre. Avec l'éloignement de l'épicentre elles augmentent, et vice versa. M. Ishimoto⁸⁾

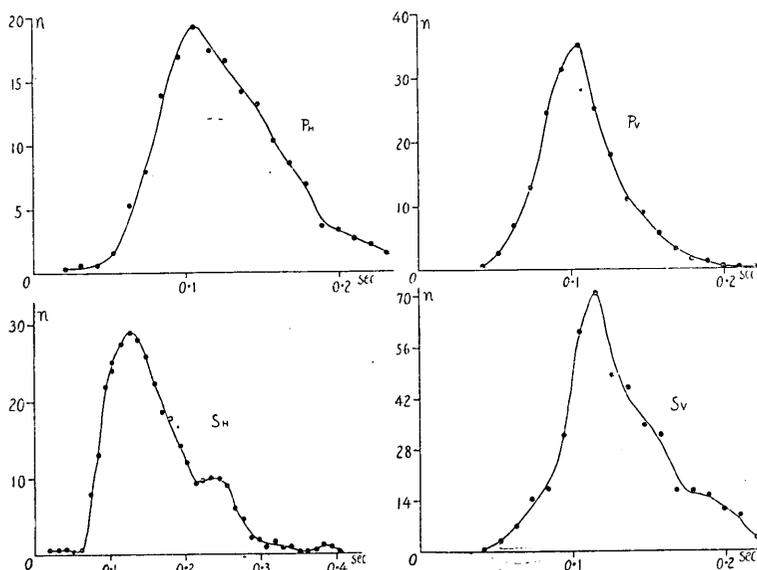


Fig. 6. Courbes de fréquence des périodes pour le séisme du 13 février 1940, No. 37.

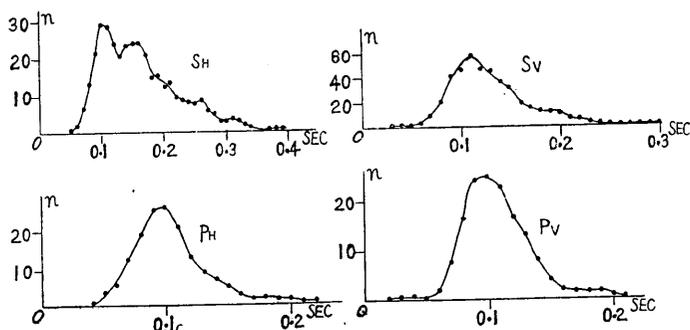


Fig. 7. Courbes de fréquence des périodes pour le séisme 17 février 1940, No. 38.

et T. Saita⁹⁾ ont jadis démontré que les périodes prédominantes, causées par les secousses sensibles avec l'épicentre rapproché, sont relativement petites dans toutes les parties, et ils ont constaté partout des périodes

8) M. ISHIMOTO, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 15 (1937), 536~543.

9) T. SAITA et S. SUZUKI, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 12 (1934), 517~526.

de 0.2 seconde. Cela pouvait être l'indice qui représente la brusquerie

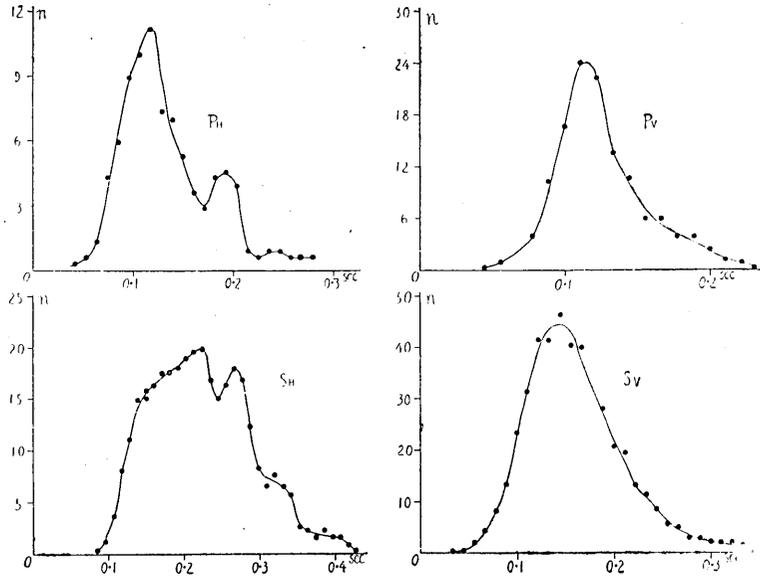


Fig. 8. Courbes de fréquence des périodes pour le séisme du 22 février 1940, No. 40.

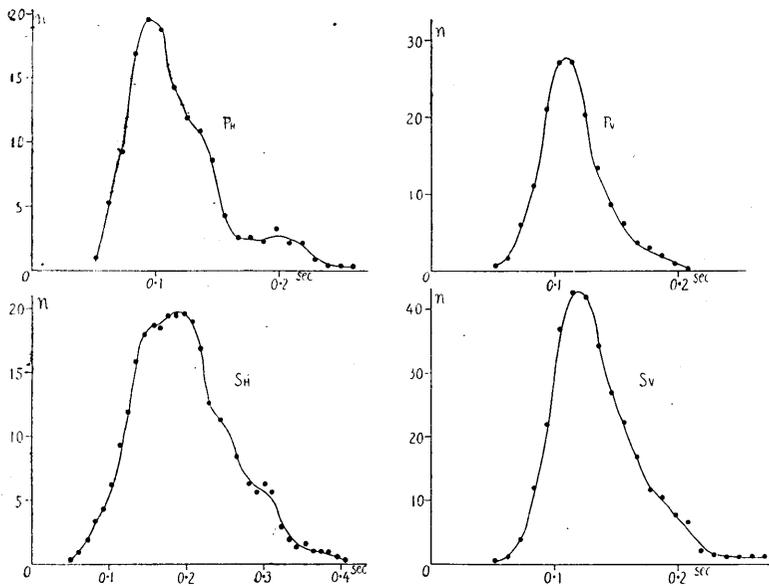


Fig. 9. Courbes de fréquence des périodes pour le séisme du 8 mars 1940, No. 53.

plus ou moins grande dans la nature des tremblements et cela corres-

Tableau V. Périodes prédominantes des secousses non-ressenties.

No.	mois		jour	durée secousse prél.	horizontale		verticale	
					prél. P_H	princip. S_H	prél. P_V	princip. S_V
62	1939	8	18	7.4		0.12		0.11
115		11	25	5.9	0.09	0.19	0.06	0.19
119		12	5	8.4	0.09	0.11	0.08	0.14
73	1940	2	13	13.5	0.11	0.13	0.10	0.11
38		2	17	8.9	0.10	0.11	0.10	0.12
40		2	22	9.6	0.11	0.22	0.11	0.14
48		2	29	7.2		0.11		0.10
53		3	8	9.1	0.10	0.19	0.11	0.12
72		3	20	18.0		0.15		0.13
73		3	20	12.7		0.14		0.11
94		4	12	35.2		0.22		0.15
125	5	14	22.0		0.18		0.14	

pondait aux vibrations secondaires des oscillation fondamentales. Nous constatons aussi les mêmes faits dans notre étude présente. Dans d'autres endroits¹⁰⁾ du terrain de l'Université, on enregistre la prédominance de périodes de 0.2 seconde.

Comme nous l'avons dit dans le mémoire précédent,¹¹⁾ nos appareils enregistrent beaucoup d'ondes de périodes courtes et celles-ci sont de 0.2 seconde environ. D'ailleurs, comme on le voit dans les Figs. 4~9 qui représentent la courbe de fréquence des périodes d'oscillation, la fréquence des périodes autour de 0.3 seconde est grande, fait qui est déjà connu.

Parmi les petites secousses enregistrées à Hongo, Tokyo, la plupart sont des ondes dont la période est de 0.3 seconde et nous avons eu la confirmation que celles-ci donnent une grande accélération. Si l'on suppose, comme dans les analyses précédentes, que les périodes prédominantes sont les périodes, T , d'oscillation due au cisaillement des couches superficielles, on peut formuler;

$$T = \frac{4l}{1+2s} \sqrt{\frac{\rho}{\mu}}, \quad s=0, 1, 2, 3, \dots,$$

où, si T est plus petit comparé à la valeur constante des ρ et μ , l doit être petit. La rigidité μ était 10×10^7 avec l'unité de c.g.s., ρ la densité 1.00 et T ne dépassant pas, dans les petits tremblements, 0.2 seconde, l

10) T. HAGIWARA et S. OMOTE, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 16 (1938), 632; 17 (1939), 139.

11) K. IIDA, *loc. cit.*, 1).

correspond à quelques centaines de mètres. Si ce que nous avançons est juste, nous pouvons regarder les petits tremblements comme un ensemble d'ondes produites secondairement dans les couches peu profondes mises en mouvement par les petits séismes.

5. Périodes prédominantes dans les tremblements de terre sensibles, comparaison entre ces périodes obtenues avec nos appareils et celles qui l'ont été avec les petits appareils courants.

Cherchons maintenant, comme pour les séismes non-ressentis, les périodes prédominantes des secousses sensibles et rapprochons celles qui ont été obtenues par l'enregistrement des petits sismographes accélérométriques¹²⁾ de celles obtenues avec nos appareils.

Le tremblement de terre, traité dans le paragraphe 4, est si faible que le petit appareil ne peut pas l'enregistrer ou que s'il l'enregistre, le tracé en est si mauvais qu'on ne peut pas l'utiliser pour le rapprochement que nous nous proposons ici.

Comme objet d'analyse nous avons pris les tremblements de terre des jours suivants ;

No.	temps d'occurrence	épicentre	
		$\lambda(E)$	$\varphi(N)$
49	le 29 août 1939	140.7°	36.2°
50	le 29 août 1939	voisinage de Tukuba	
78	le 6 octobre 1939	140.1°	35.6°
82	le 10 octobre 1939	141.4°	37.0°
84	le 11 octobre 1939	142.8°	39.2°
129	le 20 décembre 1939	139.6°	36.2°
136	le 31 décembre 1939	140.8°	35.6°
16	le 15 janvier 1940	139.7°	35.3°
28	le 19 janvier 1940	139.7°	35.5°
43	le 24 février 1940	139.8°	36.2°
44	le 25 février 1940	140.1°	35.2°
66	le 13 mars 1940	139.5°	30.1°

Nous y avons cherché les périodes prédominantes et le lecteur trouvera la courbe de fréquence dans le Figs. 10~16. A gauche on verra la composante horizontale, à droite la verticale. Le grand appareil et le petit appareil sont respectivement en haut et en bas. Les lettres majuscules, *S*, *P*, représentent ce qu'on a obtenu avec le grand appareil.

12) M. ISHIMOTO, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 9 (1933), 717~723.

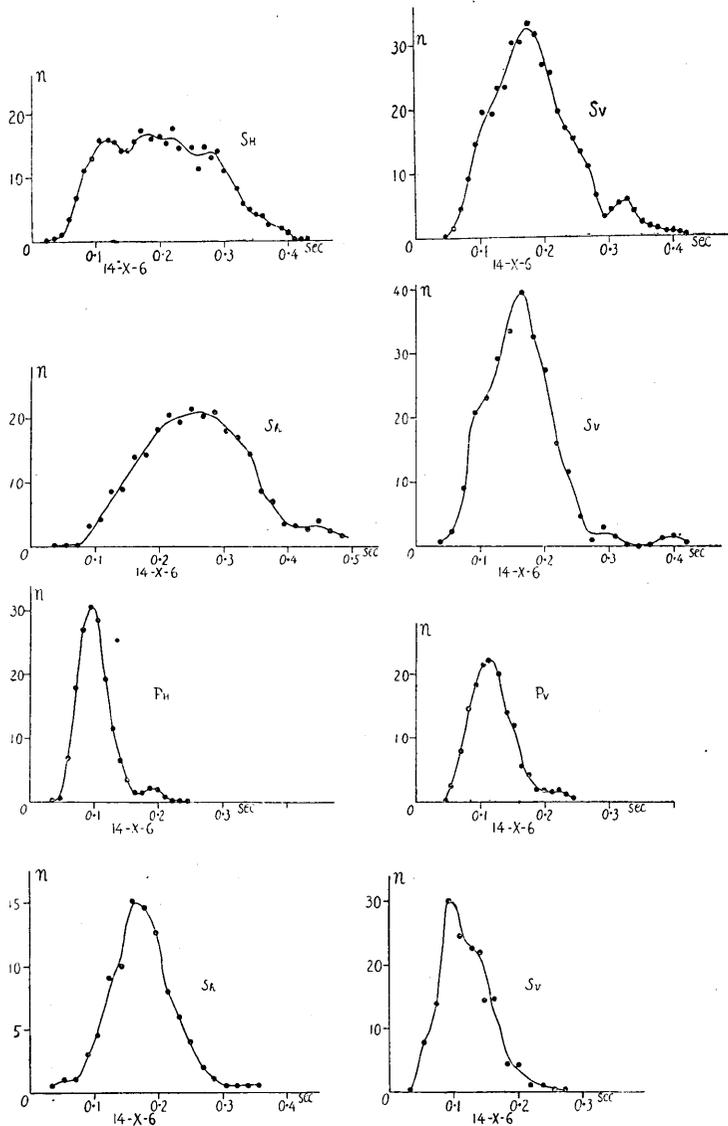


Fig. 10. Courbes de fréquence des périodes pour le séisme du 6 octobre 1939, No. 78.

L'ordonnée: le nombre d'ondes.

L'abscisse: la période des secousses.

P_H, S_H : la composante horizontale du grand appareil.

P_V, S_V : la composante verticale du grand appareil.

p_h, s_h : la composante horizontal du petit appareil.

p_v, s_v : la composante verticale du petit appareil.

P, p représentent les ondes "P"; S, s représentent les ondes "S."

Les lettres minuscules, s , p avec le petit appareil courant. S , s ; P , p , représentent respectivement les ondes S , P , et H , h ; V , v les composantes

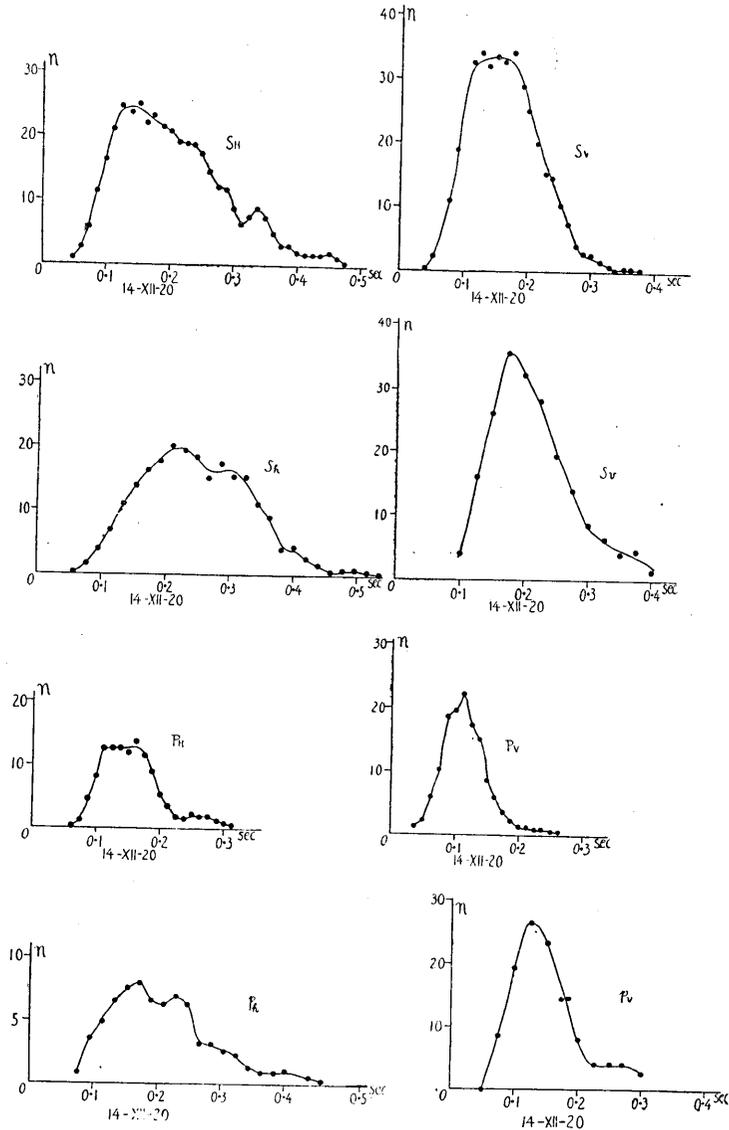


Fig. 11. Courbes de fréquence des périodes pour le séisme du 20 décembre 1939, No. 129.

horizontale et verticale. Parmi ces courbes de fréquence il y en a dont la valeur maxima est 1. La courbe prend tantôt la forme adoucie tantôt la forme aiguë. Il est assez difficile de déterminer les causes qui ont

amené cette différence, mais on pourrait dire que la courbe n'est pas adoucie quand il s'agit de la composante verticale et aussi des ondes P

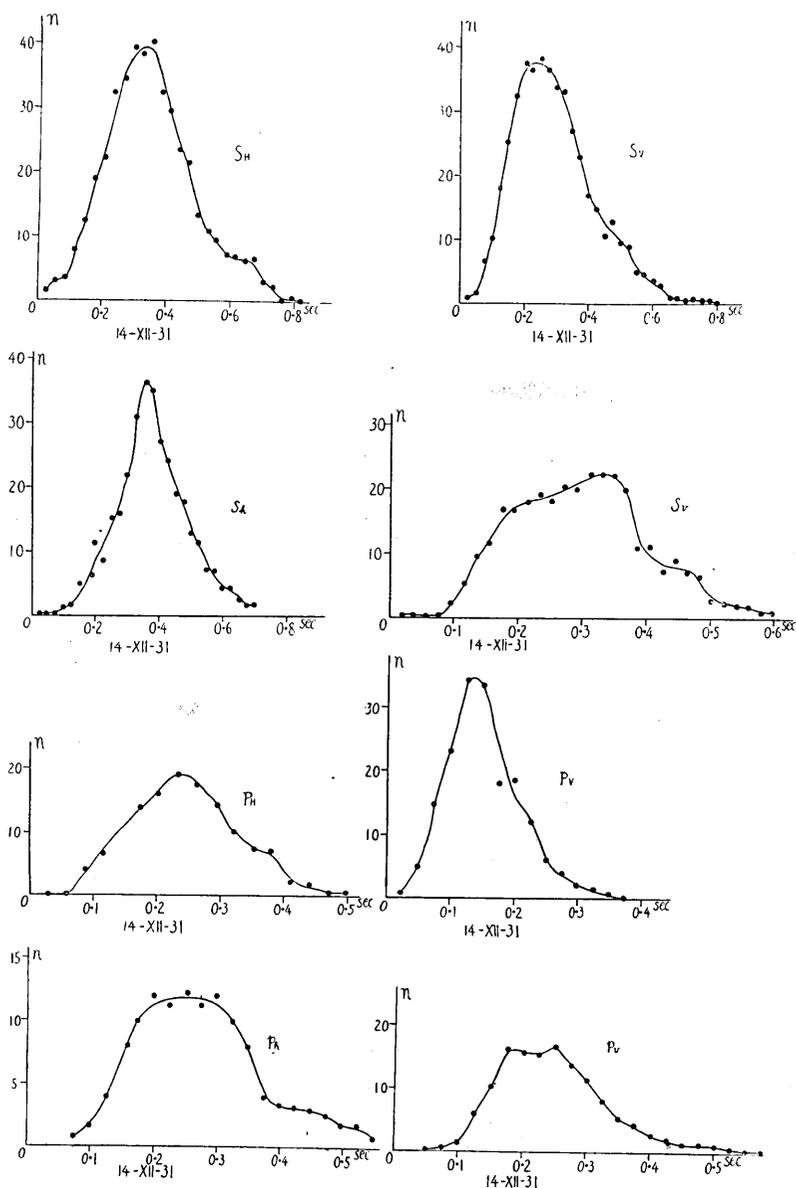


Fig. 12. Courbes de fréquence des périodes pour le séisme du 31 décembre 1939, No. 136.

dans les secousses. Cela est dû peut-être à ce fait que les ondes de la même période interviennent successivement en se mêlant. Quant à la

composante horizontale, des ondes de différentes périodes donnent, en s'ajoutant, un résultat compliqué.

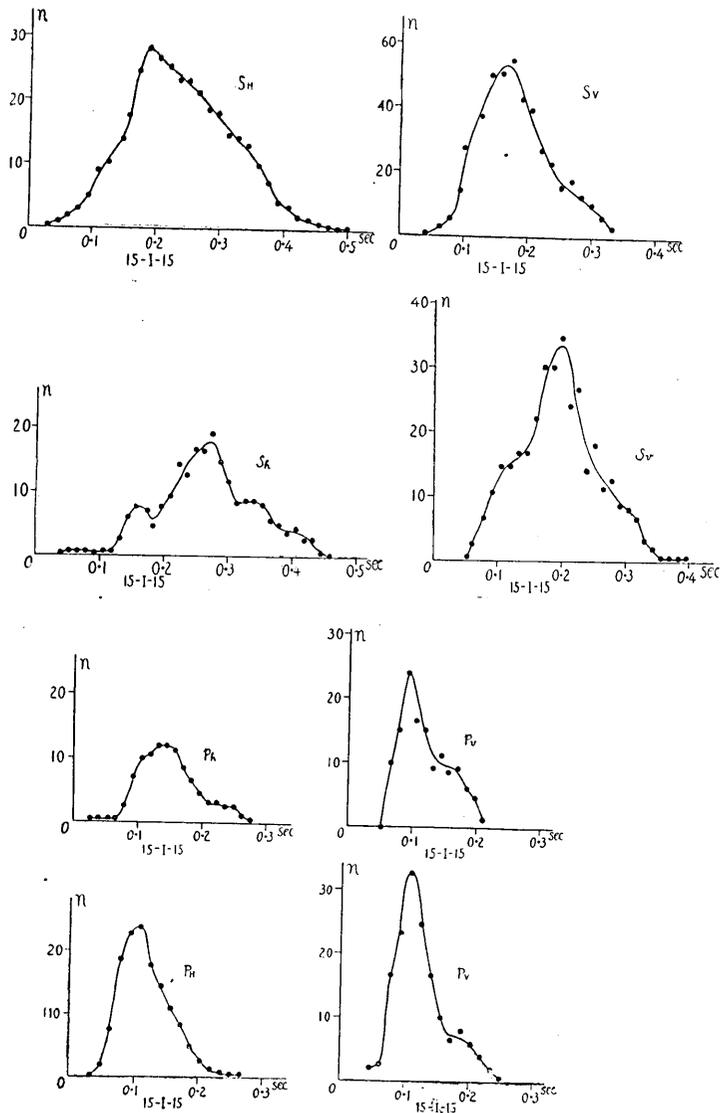


Fig. 13. Courbes de fréquence des périodes pour le séisme du 15 janvier 1940, No. 16.

Ayant cherché dans les courbes de fréquence données dans les figures 10~16 la période correspondant à la valeur maxima ou la période prédominante, nous en présentons le résultat dans le tableau VI. Ces périodes

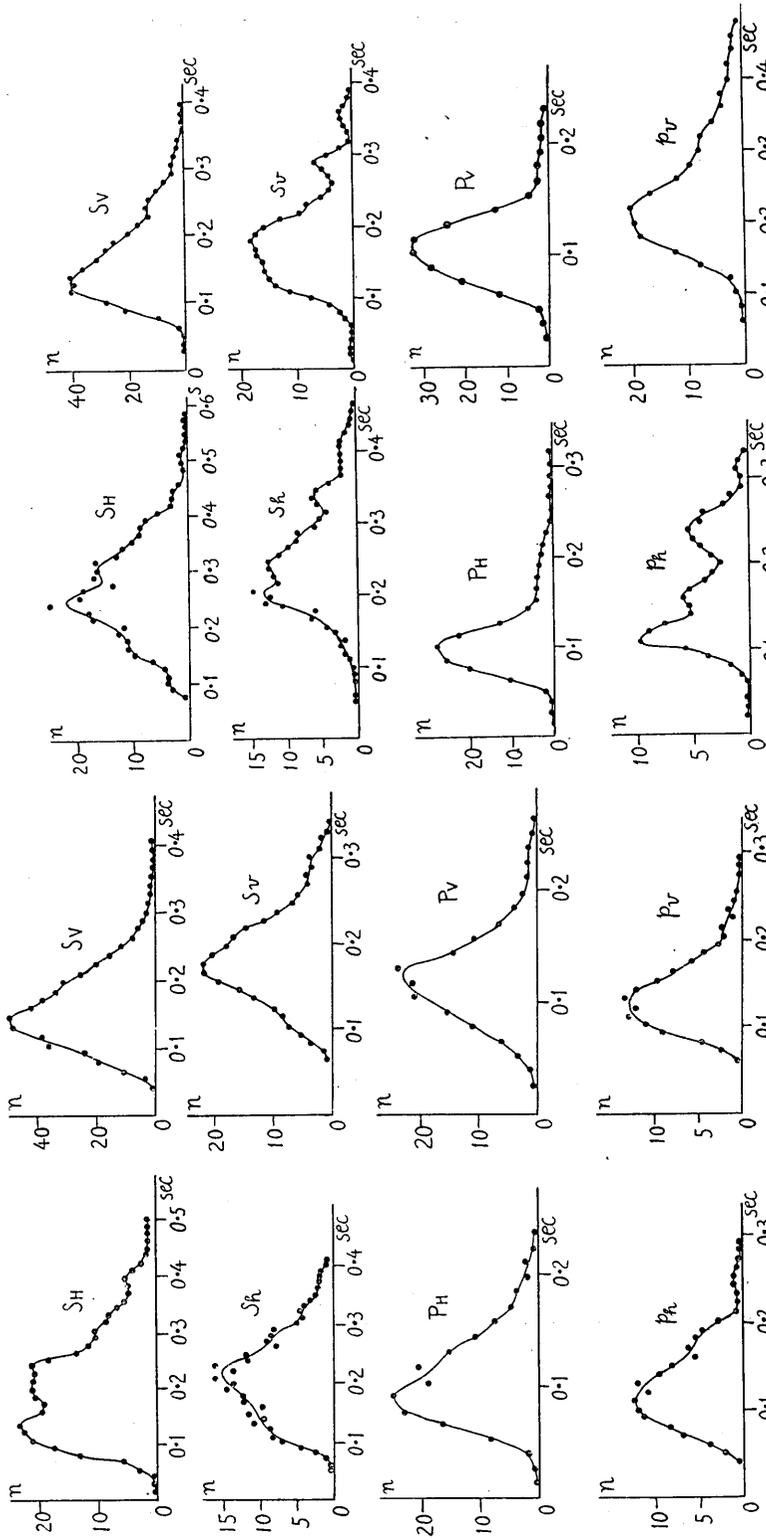


Fig. 14. Courbes de fréquence des périodes pour le séisme du 24 février 1940, No. 43.

Fig. 15. Courbes de fréquence des périodes pour le séisme du 25 février 1940, No. 44.

prédominantes diffèrent selon les tremblements sans toutefois s'écarter trop de 0.3 seconde. Celles qu'on obtient avec les grands appareils en comparaison avec celles des petits appareils courants, pour les ondes *S* de la composante horizontale sont en général plus petites. Cependant on constate rarement le fait contraire, ce qui est arrivé pour le tremblement de terre de 3 h 50 min, le 25 fév. 1940, où le grand appareil a donné 0.25 seconde et le petit 0.21 seconde. Pour les ondes *S* dans la composante verticale on peut répéter la même remarque que dans le cas de la verticale, sauf aussi de rares exceptions telles que les tremblements de terre de 18 h, le 29 août 1939, et de 6 h, le 6 octobre 1939, dans les quels le contraire est arrivé. Quant aux périodes prépondérantes des ondes *P* des secousses, il n'y a presque pas de différence pour les deux composantes entre le grand et le petit appareils. En général la période prédominante des ondes *P* est plus petite que celle des ondes *S*, comme dans les tremblements non-ressentis discutés dans le paragraphe précédent, mais elles ont tendance à grandir avec l'augmentation de la distance épacentrale et l'inten-

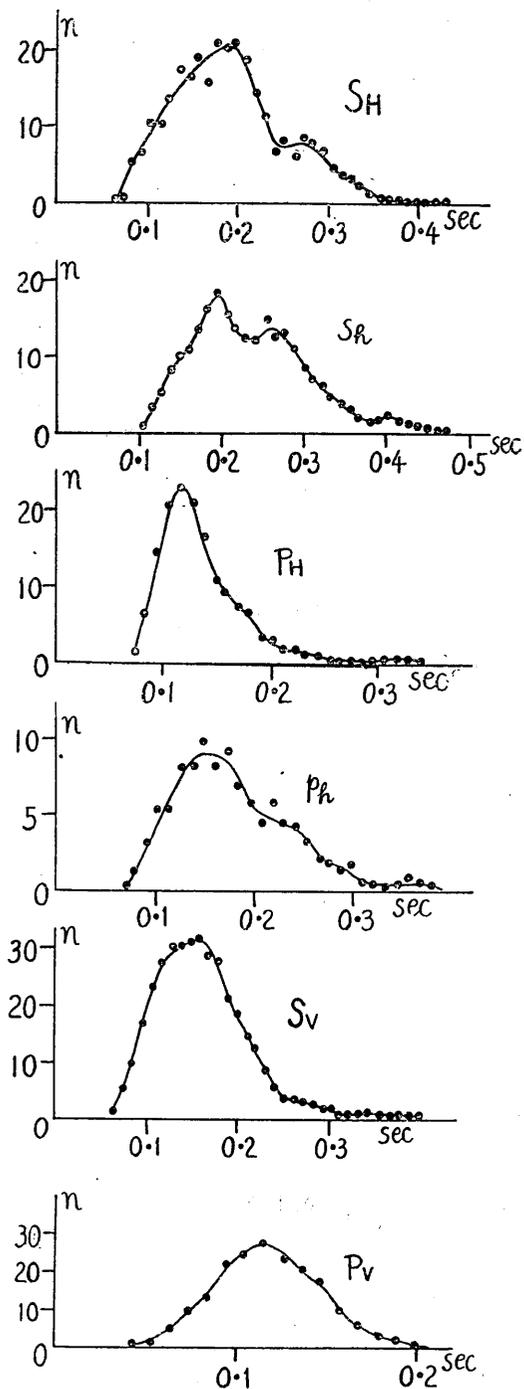


Fig. 16. Courbes de fréquence des périodes pour le séisme du 13 mars 1940, No. 66.

sité, sans toutefois dépasser la limite de variation 0·2~0·4 seconde.

Tableau VI. Périodes prédominantes des secousses ressenties.

No.	mois	jour	durée se- cousse prél.	grand appareil		petit appareil		grand appareil		petit appareil		
				prél. P_H	prin- cip. S_H	prél. p_h	prin- cip. s_h	prél. P_V	prin- cip. S_V	prél. p_v	prin- cip. s_v	
49	1939	8	29	13·8	0·09	0·19	0·23	0·11	0·20		0·17	
50		8	29	9·6	0·09	0·18		0·11	0·14			
78		10	6	8·3	0·10	0·22	0·16	0·26	0·11	0·18	0·09	0·17
82		10	10	24·6		0·20		6·22		0·18		0·19
84		10	11	51·2		0·30			0·23			
129		12	20	8·5	0·16	0·15	0·17	0·22	0·11	0·16	0·12	0·18
136		12	31	12·6	0·23	0·28	0·27	0·36	0·14	0·22	0·25	0·33
16	1940	1	15	8·8	0·11	0·20	0·14	0·27	0·09	0·17	0·11	0·20
28		1	19	6·2		0·29		0·33		0·14		0·09
43		2	24	9·0	0·09	0·17	0·11	0·22	0·13	0·14	0·13	0·17
44		2	25	10·3	0·10	0·25	0·11	0·21	0·11	0·13	0·12	0·18
66		3	13	10·8	0·12	0·20	0·15	0·20	0·11	0·16		
1	1937	3	28	4·8				0·3				accél. max. gal 24·0
2		10	17	14·9				0·4				14·9
3		11	23	17·4				0·4				1·9
4		12	6	8·7				0·2				2·7
5	1938	1	10	5·9				0·3				6·3
6		5	23	23·3				0·2				34·0
7		6	6									
8	1933	3	3	66·0				0·34				25·1
9		6	19	43·1				0·41				4·4
10		7	6	7·7				0·23				6·7
11		10	9	10·6				0·41				5·8
12	1934	4	7	26·2				0·28				7·0
13		5	31	13·9				0·35				7·5
14		6	3	7·5				0·39				10·0
15		8	3	9·7				0·40				15·0
16'		9	1	7·9				0·35				10·5
17		8	18	30·2				0·43				1·9
18	1925	3	31	27·2				0·40				5·1
19		7	11	18·2				0·35				5·1

(Périodes prédominantes de No. 1~7: par T. Hagiwara et S. Omote, et celles de No. 8~15, 16', 17~19: par M. Ishimoto.)

6. Les périodes prépondérantes dans les composantes verticales et horizontales et leurs différences.

Les secousses s'inscrivent en général en trois composantes : est-ouest ; nord-sud ; haut-bas. Dans nos appareils d'une tonne on obtient une com-

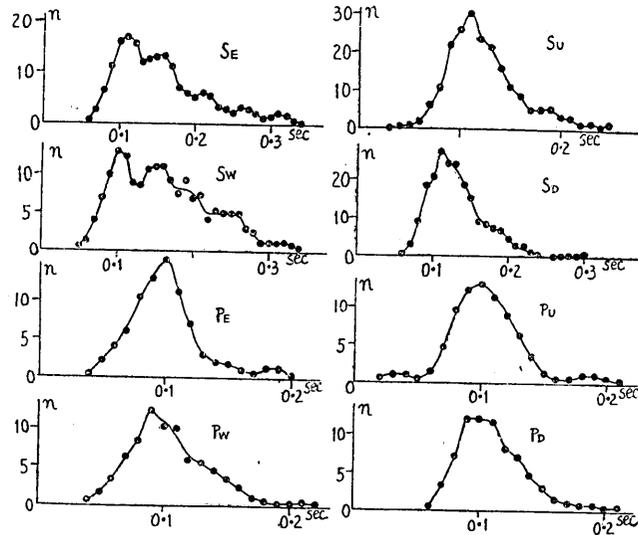


Fig. 17. Courbes de fréquence des périodes pour le séisme du 17 février 1940. Composantes : S_E , S_W , S_U , S_D ; P_E , P_W , P_U , P_D .

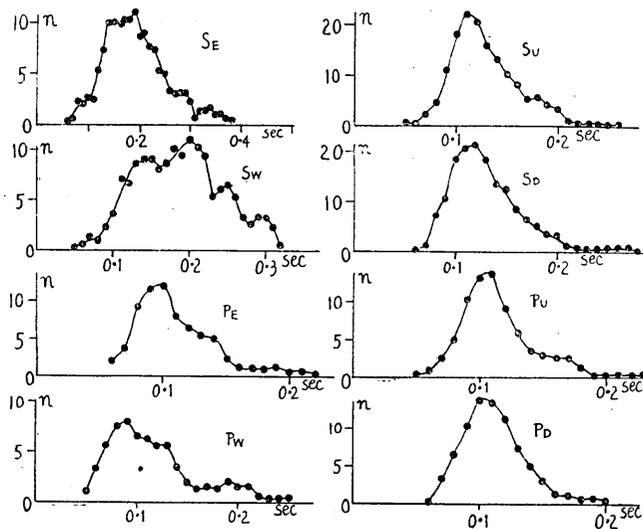


Fig. 18. Courbes de fréquence des périodes pour le séisme du 8 mars 1940, No. 53.

posante est-ouest pour le mouvement horizontal et une autre de haut en bas pour le mouvement vertical. Nous les avons donc étudiées séparément et, ayant construit les courbes de fréquence des périodes d'oscillation, nous les avons rapprochées. On en trouvera quelques exemples

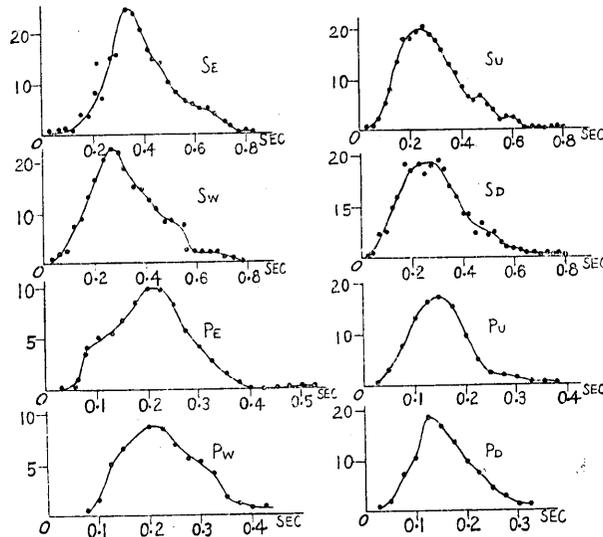


Fig. 19. Courbes de fréquence des périodes pour le séisme du 31 décembre 1939, No. 136.

dans les Figs. 17~19. Les deux premières montrent des secousses non-ressenties et la dernière une sensible. On y voit clairement que les périodes prédominantes qui montrent la fréquence maxima dans la courbe, ne présentent guère de différence dans la composante est et la composante ouest ou dans la composante haut et la composante bas.

Tandis que les courbes de fréquence dans les tremblements de terre non-ressentis présentent pour les composantes horizontales et verticales une forme presque similaire, dans les séismes ressentis, les périodes prédominantes de l'est et de l'ouest diffèrent un peu dans la partie principale de la composante horizontale. Mais celles qu'on trouve dans les tremblements préliminaire et principal des composantes verticales n'ont presque pas de différence.

De ces résultats on pourrait conclure que la terre ne bouge pas particulièrement dans un sens seulement mais en même temps dans tous les sens. Cela coïncide avec les résultats d'observations que M. Ishimoto⁽¹³⁾ a publiés en se basant seulement sur la composante horizontale.

13) *loc. cit.*, 6).

7. Rapports entre le tremblement de terre et la secousse artificielle.

Nous avons considéré quels sont les rapports entre les périodes prédominantes pour les secousses naturelle et artificielle. D'après les études de M. Ishimoto,¹⁴⁾ ces périodes sont de 0.15 seconde pour les automobiles passant près de l'Institut et de 0.2 seconde pour les travaux de construction. Il a expliqué la différence avec les périodes sismiques par le fait que le lieu d'origine des secousses étant rapproché, elles ne s'étendent pas sur une vaste superficie et ne peuvent pas entraîner des oscillations propres dans l'ensemble des couches superficielles. Quelquefois on constate que la période prédominante sismique correspond à celle des secousses causées par les moyens de communication et il a attribué ce fait à ce que les périodes prédominantes fondamentales dans les secousses sont petites dans la région de Hongo.

Nous avons examiné, dans le but d'éclaircir ce rapport, les périodes prédominantes dans les secousses artificielles. Celles-ci se rapprochent d'une motion d'harmonie simple et présentent une forme relativement simple. Comme pour les tremblements ci-dessus cités, nous avons cherché les périodes des ondes pour obtenir leur fréquence. La Fig. 20 montre

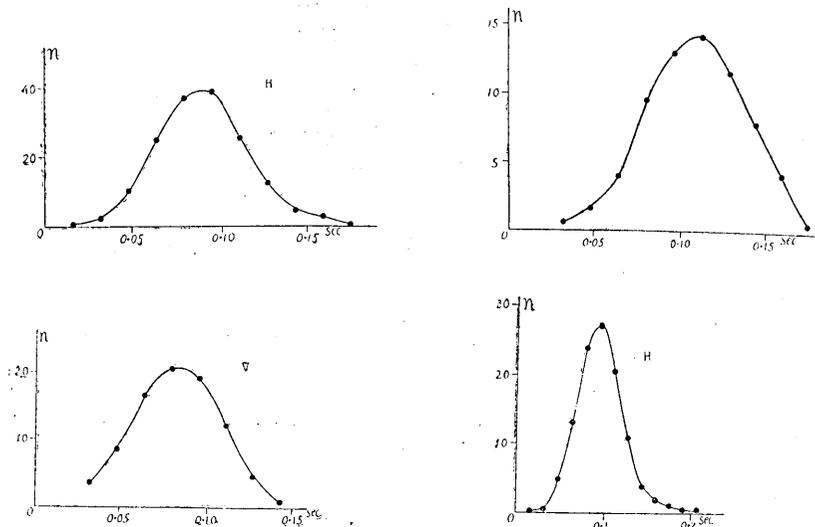


Fig. 20. Courbes de fréquence des périodes pour les secousses artificielles.

On y voit en haut les deux courbes des secousses avec les vibrations d'automobile, en bas les avec les travaux de construction.

14) *loc. cit.*, 6).

ce rapport et elle montre les composantes horizontale et verticale des secousses terrestres avec les vibrations d'automobile (en haut dans la Fig. 20), et des travaux de construction (en bas dans la Fig. 20) comme termes de comparaison. Comme on peut juger d'après ces figures, leur courbe de fréquence est d'une forme simple et la valeur maxima de fréquence est unique, sans être si complexe que dans les séismes. Leurs périodes de fréquence sont de 0.1 seconde. Ce qui est remarquable, c'est que cette valeur est commune pour les composantes horizontale et verticale, ce qui n'arrive pas dans les séismes. Il est aussi intéressant de constater que cette période a la même valeur que celle qu'on trouve dans la partie préliminaire des secousses terrestres, et que la valeur ci-dessus se rapproche de celle des petites secousses non-ressenties.

La petitesse des périodes prédominantes peut être expliquée comme nous l'avons déjà indiqué, par le fait que les secousses artificielles ne concernent que les couches supérieures de l'écorce superficielle et que la partie mise en mouvement ne pouvant s'étendre loin, est incapable de communiquer une oscillation propre à l'ensemble des couches de la surface.

8. Intensité des secousses et période prédominante.

Comme nous l'avons indiqué dans les paragraphes ci-dessus, nous avons obtenu les périodes prédominantes de tremblements de terre de diverses classes et nous allons étudier les changements que l'intensité des secousses ou la distance épacentrale plus ou moins grande, y peuvent causer. C'est un point important pour connaître le rapport entre les séismes et les dommages sismiques qu'ils causent, mais ces changements n'ont pas été suffisamment étudiés. Pour trouver ce rapport représentons par l'abscisse les périodes prédominantes dans la partie principale des secousses, parce qu'elles donnent l'accélération maxima, et par l'ordonnée la durée des tremblements préliminaires, qui nous donne la distance de l'hypocentre dans tous les séismes, pour former les Figs. 21 et 22. Dans la première on verra en même temps les périodes prédominantes que plusieurs savants ont données à la suite de leurs observations avec le sismographe accélérométrique: les chiffres (12...15, 16' 17...19) les indiquent. Pour montrer l'intensité, nous employons des ronds plus ou moins grands.

La Fig. 21 présente les résultats obtenus par la composante horizontale, la Fig. 22 ceux de la composante verticale. Pour ceux-ci, c'est la première fois que des recherches permettent de les publier.

Considérons d'abord les composantes horizontales des secousses. On y voit une tendance nette: plus l'envergure des secousses est petite, plus

les périodes sont courtes, au contraire plus l'envergure est grande ou plus la distance hypocentrale est grande, plus les périodes de fréquence sont longues. Nous avons parlé de ce rapport dans le paragraphe 5

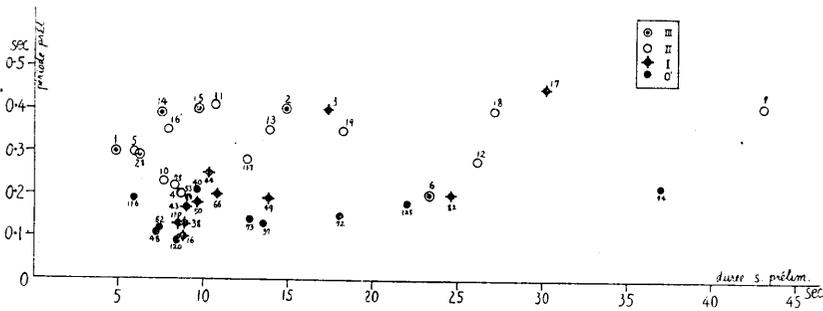


Fig. 21. Relation entre la période prédominante des ondes S et la durée des secousses préliminaires pour la composante horizontale.

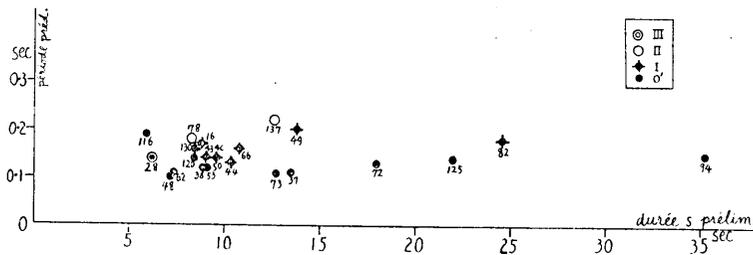


Fig. 22. Relation entre la période prédominante des ondes S et la durée des secousses préliminaires pour la composante verticale.

avec moins de détails. Quant aux composantes verticales des secousses indiquées dans la Fig. 22, nous ne pouvons pas en tirer une conclusion très nette, étant donné qu'il n'y a pas eu de grands tremblements pendant la durée de notre observation, mais nous y trouvons la même tendance que dans le cas des composantes horizontales: plus l'intensité augmente, plus les périodes prédominantes sont longues.

Si l'on cherche, sur les composantes horizontales des secousses, le rapport entre l'intensité et les périodes prédominantes, en admettant que quand la durée du tremblement préliminaire est de 5 à 15 secondes, la distance plus ou moins grande de l'hypocentre ne donne guère d'influence, on obtient la Fig. 23. Comme on peut le constater dans cette figure, les limites des périodes prédominantes d'oscillation étant de 0.10 à 0.44 seconde, si l'accélération est d'environ 0.2 gal, elles sont de 0.2 secondes, avec 0.5 gal d'accélération elles sont de 0.1 seconde, ce qui est la valeur minima. Si l'intensité des secousses est plus grande, les périodes sont aussi plus grandes. Cependant d'après l'examen du grand tremblement

de Sanriku, en 1933, qui avait des périodes de 0.34 secondes, nous pouvons dire que, quand l'échelle d'intensité dépasse III (assez forte), les périodes n'augmentent pas en raison directe et qu'il doit y avoir une limite d'augmentation, qui ne dépasse pas, nous semble-t-il, 0.45 seconde environ.

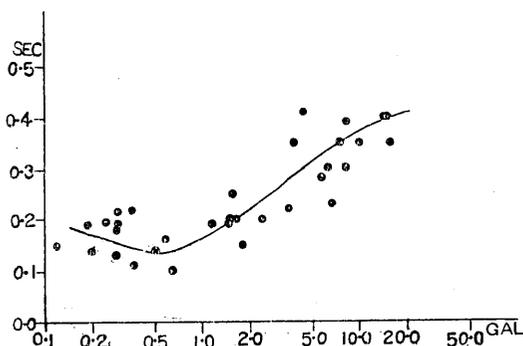


Fig. 23. Relation entre l'accélération maxima et la période prédominante.

Quant aux périodes prédominantes dans la partie des tremblements préliminaires, on ne voit pas pour les deux composantes horizontale et verticale, tellement de différences mais on peut dire qu'avec une envergure plus grande, elles sont plus grandes. Nous avons ainsi mis en lumière que les périodes prédominantes d'un séisme subissent l'influence de l'hypo-

centre, selon qu'il est plus ou moins éloigné et que son intensité est plus ou moins grande. C'est parce que, dans les tremblements de grande envergure, les couches superficielles qui se transmettent le tremblement, sont relativement plus épaisses, s'étendant de la surface jusqu'à la profondeur, tandis que dans les petits tremblements, leurs mouvements se bornent aux parties peu profondes de la couche superficielle. Parmi les secousses, celles qui sont artificielles ont des périodes prédominantes encore plus petites. C'est très compréhensible, puisque l'étendue entraînée dans le mouvement est plus petite que dans le cas des séismes.

9. Accélération maxima et période prédominante.

Si l'on considère le rapport entre l'accélération maxima et la période prédominante, les oscillations dont l'accélération est grande, sont petites en nombre et ne se produisent pas successivement. Elles apparaissent alternativement avec des ondes d'amplitude moins grande. Par conséquent la détermination de la période dans les secousses est difficile. Supposons une onde représentée par une courbe sinusoïdale et transposons, sur la partie où l'amplitude est constante, la partie de l'amplitude changeante, pour mesurer l'intervalle entre des ondes successives de deux contiguës, multiplions par 2 cet intervalle pour en faire la période. On verra ce rapport dans les Figs. 24~28. La première représente les secousses non-ressenties, la Figs. 28 la différence dans les périodes de l'accélération maxima de chaque composante sur est-ouest et de haut et

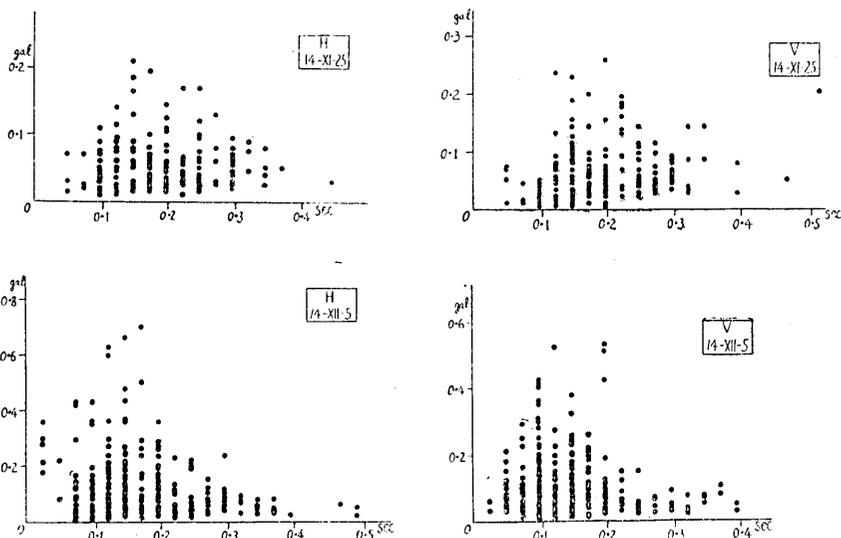


Fig. 24. Relation entre l'accélération maxima et la période prédominante de secousses non-ressenties. (Le séisme du 5 décembre 1939, No. 119.)

L'ordonnée: l'accélération maxima. L'abscisse: la période de secousse.

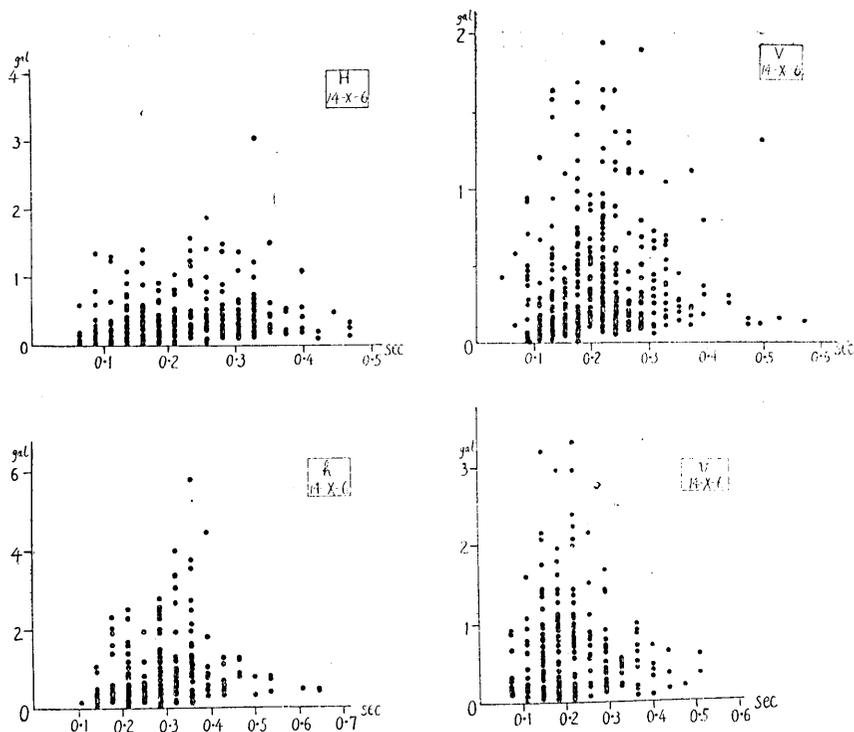


Fig. 25. Relation entre l'accélération maxima et la période prédominante de secousses ressenties. (Le séisme du 6 octobre 1939, No. 78.)

Comparaison des grands appareils avec les petits.

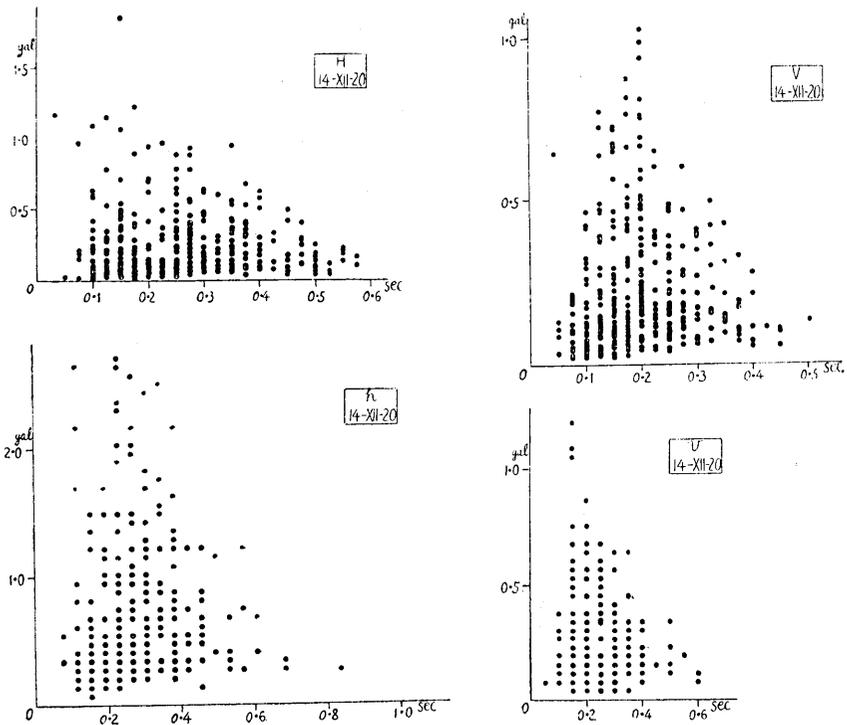


Fig. 26. Relation entre l'accélération maxima et la période prédominante. (Le séisme du 20 décembre 1939, No. 129.)

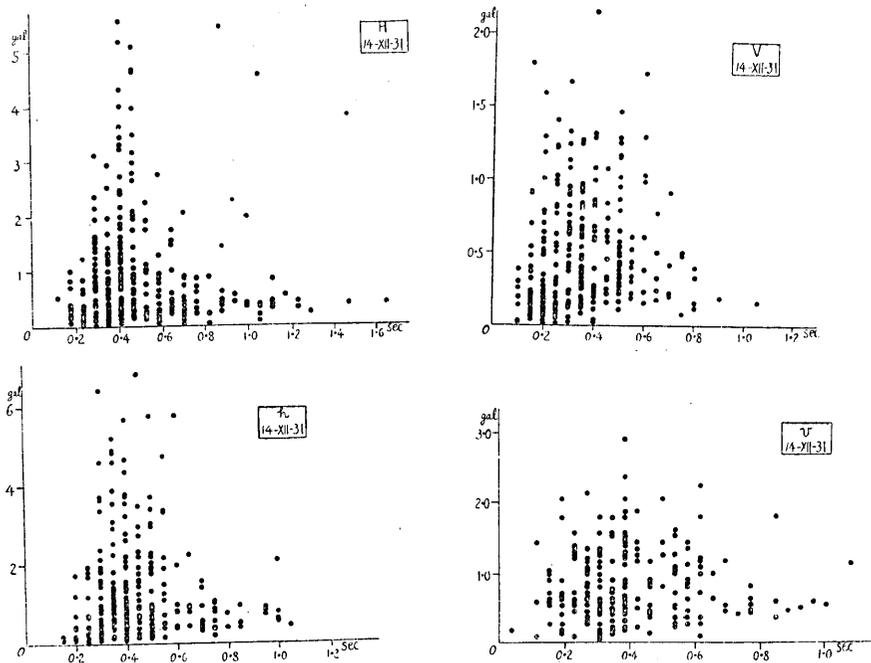


Fig. 27. Relation entre l'accélération maxima et la période prédominante. (Le séisme du 31 décembre 1939, No. 136.)

bas. Mais nous ne trouvons pas de différence remarquable dans les deux composantes horizontale et verticale. Les Figs. 25~27 montrent les tremblements ressentis et en même temps les résultats obtenus par la comparaison des grands appareils avec les petits appareils courants.

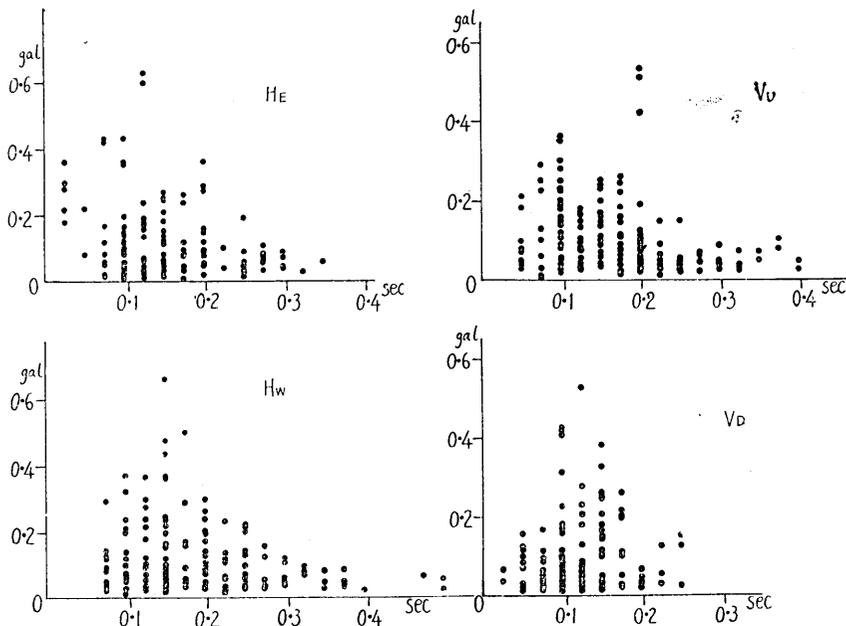


Fig. 28. Relation entre l'accélération maxima et la période prédominante de chaque composante sur est-ouest et de haut et bas. (Le séisme du 5 décembre 1939, No. 119.)

Dans ces figures, les lettres de H , V représentent les composantes horizontale et verticale des grands appareils, h , v celles des petits appareils. Comme on le voit, les périodes des ondes dont l'amplitude est grande sont similaires, sans qu'il y ait de différence entre les données des grands appareils et des petits. Et ces périodes se trouvent près de celles qui dominent et qui sont déterminées par le tremblement tout entier. C'est pourquoi, dans la plupart des cas, il n'y a pas d'inconvénient à prendre les périodes prédominantes pour les périodes d'accélération maxima.

10. La fréquence des ondes correspondant à chaque degré d'accélération.

Quand on jette un coup d'oeil sur un certain nombre de tracés sismologiques, on constate que les enregistrements obtenus dans des ob-

servations près de l'épicentre du tremblement, se composent de deux parties bien distinctes. Il y a d'un côté la partie préliminaire qui commence, continue et finit avec une amplitude constante et d'un autre côté la partie principale où l'amplitude augmente d'un coup pour diminuer avec le temps. (Dans cette partie on trouve quelquefois le phénomène du battement.) S'il s'agit d'un tremblement dont l'épicentre est à une grande distance, il n'y a pas cette subite augmentation de l'amplitude dans la partie principale ni cette remarquable décroissance. L'amplitude reste la même longtemps avec peu de modifications.

Ainsi on conçoit qu'on peut obtenir différents enregistrements selon la distance plus ou moins grande entre le lieu d'observation et l'hypocentre. C'est pourquoi, quand on analyse les tracés obtenus à un certain lieu d'observation, on pourrait distinguer les caractéristiques concernant le processus de propagation des secousses entre l'hypocentre et le lieu d'observation. Dans ce but, nous avons cherché la fréquence des ondes correspondant à chaque degré d'accélération dans une durée donnée de la partie principale des secousses et comparé aussi la composante horizontale avec la verticale.

Il est clair que le nombre des ondes à grande accélération est petit et que celui des ondes à petite accélération est grand. Mais pour nous en rendre compte plus clairement, nous représentons par l'ordonnée le nombre logarithmique des ondes et par l'abscisse leur accélération. Quelques exemples de ce rapport se trouvent dans les Figs. 29~31. Comme

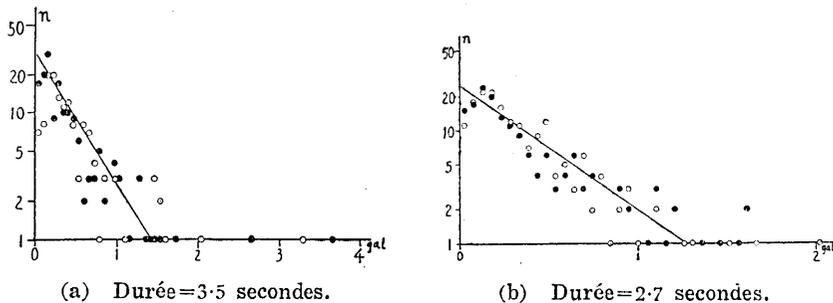


Fig. 29. Courbes de l'amplitude d'accélération pour le séisme du 6 octobre 1939.

L'ordonnée; le nombre. L'abscisse: l'amplitude d'accélération.

- (a) Horizontal. ○ La composante est. ● La composante ouest.
 (b) Vertical. ○ La composante haut. ● La composante bas.

on peut le comprendre d'après ces figures, le rapport qui montre l'état de décroissance de l'amplitude d'accélération, est représenté par la courbe de logarithme. Et la proportion de diminution de la fréquence avec l'augmentation de l'accélération varie pour chaque tremblement: ce fait résulte de l'intervention de l'intensité et des conditions dans lesquelles

se produit le tremblement. Nous pensons que ce fait donne sa caractéristique à chaque tremblement, avec la fréquence d'amplitude dont

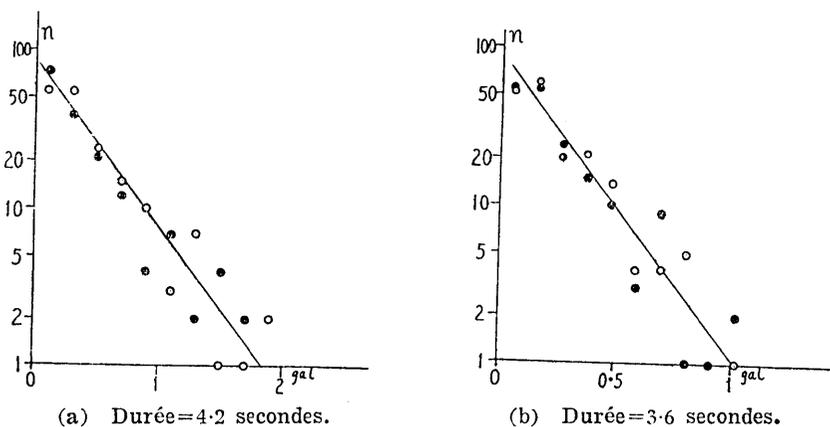


Fig. 30. Courbes de fréquence de l'amplitude d'accélération pour le séisme du 20 décembre 1939.

(a) Horizontal. (b) Vertical.

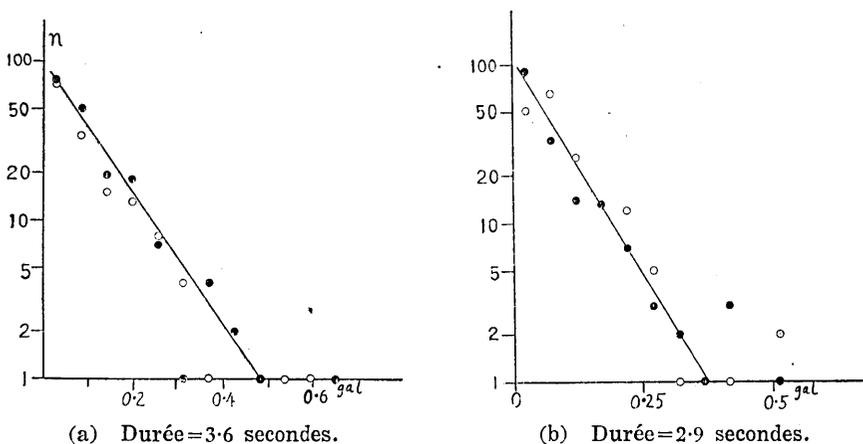


Fig. 31. Courbes de fréquence de l'amplitude d'accélération pour le séisme du 5 décembre 1939.

(a) Horizontal. (b) Vertical.

l'accélération est l'unité. Si l'état de décroissance de la fréquence (N) des ondes correspondant à chaque degré d'accélération (A) peut être traduit par

$$N = N_0 e^{-q \cdot A}, \quad \text{pour la composante horizontale,}$$

$$N = N_0 e^{-q' \cdot A}, \quad \text{pour la composante verticale,}$$

où q est une constante qui indique les degrés de décroissance dans les deux composantes de toutes les secousses, mais dans un tremblement de terre à grande envergure, dont l'épicentre n'est pas éloigné, la valeur de q est petite. Dans le cas contraire, elle est grande. Dans les tremblements produits sous la mer la valeur de q est petite, ainsi que la décroissance.

Par exemple, $q=2.40$ $q'=4.45$ pour le séisme du 20 décembre 1939.

$q=2.40$ $q'=2.53$ pour le séisme du 6 octobre 1939.

$q=3.4$ $q'=9.42$ pour la seisme du 5 décembre 1939.

Considérant que M. Ishimoto,¹⁵⁾ qui a étudié ces phénomènes, a affirmé que les tremblements de terre sont l'expression de la croissance et de la décroissance de l'énergie d'espèce dans l'écorce terrestre, il nous semble que, si nous nous bornons aux faits cités, les tremblements de terre présentent bien les caractéristiques des ondes du type de choc.

11. Conclusion.

Nous avons étudié dans les paragraphes précédents la nature des ondes des petites secousses non-ressenties ainsi que leur rapport avec les tremblements relativement grands, au point de vue de l'accélération, des périodes prédominantes, et du degré de décroissance dans l'amplitude de l'accélération. Dans les Figs. 32~36, nous montrons quelques exemples d'enregistrements des secousses pour ces études. Nous avons pu analyser, entre autres, les enregistrements obtenus par la composante verticale de nos appareils, pour mettre en lumière la nature des ondes. Les résultats obtenus peuvent se résumer ainsi:

1) L'accélération dans les secousses ressenties est au-dessus de 0.3 gal pour la composante horizontale, et elle est au-dessus de 0.4 gal pour ceux composés des deux composantes: verticalè et horizontale.

2) Dans les petites secousses l'accélération maxima (A) a, avec le nombre (N) des secousses, un rapport exprimé par $NA^m=K$ pour les deux composantes horizontale et verticale. Les tremblements sont d'autant moins nombreux qu'ils sont plus grands, et ils sont d'autant plus nombreux qu'ils sont plus petits.

3) Dans la limite des petits tremblements, nous avons créé pour la première fois une échelle d'intensité $0'$, dont l'accélération est 0.125~0.5 gal. Le nombre des secousses appartenant à cette classe et causées par des tremblements relativement grands, coïncide avec N de $NA^m=K$, rapport qui existe entre l'échelle d'intensité et le nombre des secousses. De plus cette ligne a une inclination de 45° à l'ordonnée.

15) *loc. cit.*, 6).

4) Les périodes prédominantes dans la partie principale des petites secousses sont relativement courtes et ne dépassent pas 0·2 seconde. Celles qu'on observe dans les secousses préliminaires sont plus courtes que celles de la partie principale, et sont autour de 0·1 seconde. Les périodes prédominantes des ondes qui donnent, dans les secousses verticales l'accélération maxima, se rapprochent par leur valeur de celles de la composante horizontale dans le tremblement préliminaire.

5) Les périodes prédominantes, qui donnent une grande accélération, ont une tendance à grandir avec l'augmentation de l'intensité et la distance épacentrale et varient, d'un petit à un grand tremblement, de 0·1 à 0·45 seconde environ; ce dernier chiffre nous paraît la limite d'augmentation. Ces mesures ont un rapport intime avec l'épaisseur des diverses couches de l'écorce superficielle et avec l'élasticité du sol.

6) Les périodes prédominantes des secousses artificielles ne dépassent pas, pour la plupart, 0·1 seconde et coïncident pas avec celles des secousses qui donnent une grande accélération, mais elles coïncident avec celles des tremblements préliminaires.

7) Les périodes des ondes ayant l'accélération maxima d'un tremblement se rapprochent des périodes prédominantes déterminées par l'ensemble du tremblement.

8) Les degrés de décroissance dans l'amplitude de l'accélération d'un tremblement sont petits, dans les secousses de grande envergure dont l'épicentre n'est pas éloigné ou des secousses de sous la mer, mais ils sont grands, quand il s'agit des secousses de petite envergure.

En général, il y a entre la fréquence de l'amplitude d'accélération (N) et l'accélération (A) un rapport $N = N_0 e^{-\gamma A}$.

9) Les caractéristiques sismiques ci-dessus indiquées n'ont pas une grande différence pour la composante horizontale et pour la composante verticale. Les petites secousses sont les mêmes par leur nature que les grandes secousses et on peut penser que celles-ci sont exactement comme celles-ci avec une réduction de l'envergure et on peut les regarder comme étant produites secondairement dans les couches très superficielles par la répercussion des ondes caractéristiques du choc.

Pour terminer nous devons exprimer nos vifs remerciements au Professeur K. Terazawa, au Professeur K. Sezawa, au Professeur T. Matuzawa pour l'obligeance avec laquelle ils nous ont fourni des remarques précieuses.

Je remercie MM. K. Kinoshita, Z. Sibano, et Melle M. Kaizuka de m'avoir assisté pour rédiger ces études.

Une partie des frais a été couverte par la Bourse pour les études scientifiques de l'Instruction publique.

32. 一噸大型加速度地震計の觀測より得たる地震動の性質

地震研究所 飯田 汲 事

上下、水平兩成分一噸大型加速度地震計の製作並びに得られた記象に就いては既に前論文にて述べたが、其の後多くの地震動を記録する事が出来たので、それらの地震記象を解析し、波動それ自體の性質を考究し、地震動の性質を明かにせん事を企てたのである。此の爲に

- 1) 小地震動の加速度の測定
- 2) 小地震動の最大加速度額度
- 3) 震度と最大加速度との關係
- 4) 小地震動の卓越振動周期
- 5) 地震動の強さ或ひは最大加速度と卓越振動周期との關係
- 6) 地震動加速度振幅の減衰度

等に関し考究を進めた。

尙從來地震動の解析は主として水平成分加速度地震計により行はれて居たが、今回は上下成分による地震記象をも同様に解析したのである。

今回求めた結果を要約すれば

(1) 有感地震の最大加速度は水平成分加速度地震計のみによるときは 0.3 gal 以上にあり、上下、水平兩成分を合成して得た最大加速度に對しては 0.4 gal 以上に存在する事を確めた。

(2) 小地震動の最大加速度 A と地震數 N との關係は $NA^m = k$ で表はされ、此の關係は上下、水平兩成分共同様である。

(3) 小地震動中新に震度階 $0'$ を設け、其の加速度を 0.125~0.5 gal としたが、この階級に屬する地震數は比較的大きな地震動から得られた震度と地震數との關係を示す $NA^m = k$ なる關係の地震數 N と大體一致する。尙此の直線は縦軸と 45° の傾斜をなしてゐる。

小地震動程數多く、大地震動程その數少いが、小地震動は性質上大地震動の規模の小なるものと見做される。

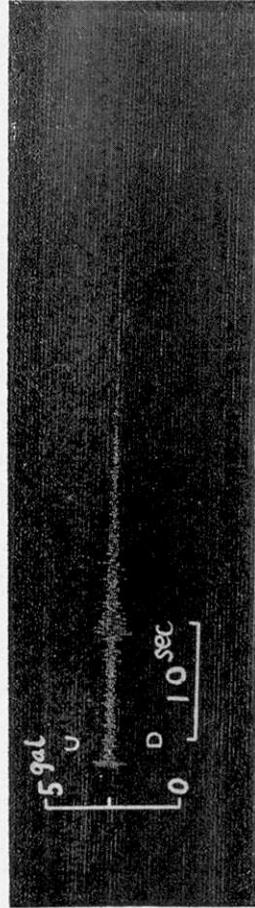
(4) 小地震動の主要動部に於ける卓越周期は一般に小であり、0.2 秒以下である。又初期微動部の卓越周期は主要動部に於けるものより小であつて 0.1 秒附近にある。上下動中大なる加速度を與へる地震動卓越周期は水平動の初期微動部に於けるものに近く一般に水平動のものより小である。

(5) 大なる加速度を與へる地震動卓越周期は地震動の強さの増大、震源距離の増大と共に大なる傾向を有し、小地震動より大地震動に至る迄に於て 0.1~0.45 秒變化する。然し 0.45 秒附近が限度と考へられる、而して此れは表面土層の厚さと物質の彈性的性質と密接な關係にある。

(6) 人工的地動の卓越周期の多くは 0.1 秒以下であつて、大なる加速度を與へる地震動卓越周期とは一致しないが、其の初期微動部に於けるものと大體一致する。

(7) 地震動中最大加速度を有する波動周期は地震動全體より決定された卓越周期に近い。

(8) 地震動の加速度振幅の減衰度は規模の大なる近い地震或ひは海底に發生せる地震にては小であり、規模の小なるものにては大きく、一般に加速度振幅 (N) と加速度 (A) との間には $N = N_0 a^{-0.4}$ なる關係がある。以上示した地震動の特性は上下動、水平動等の各成分に於て餘り差はない。



(震研魯報 第十八號 圖版 飯田)

Fig. 32. Enregistrements obtenus pour le séisme du 13 mars 1940, No. 66.

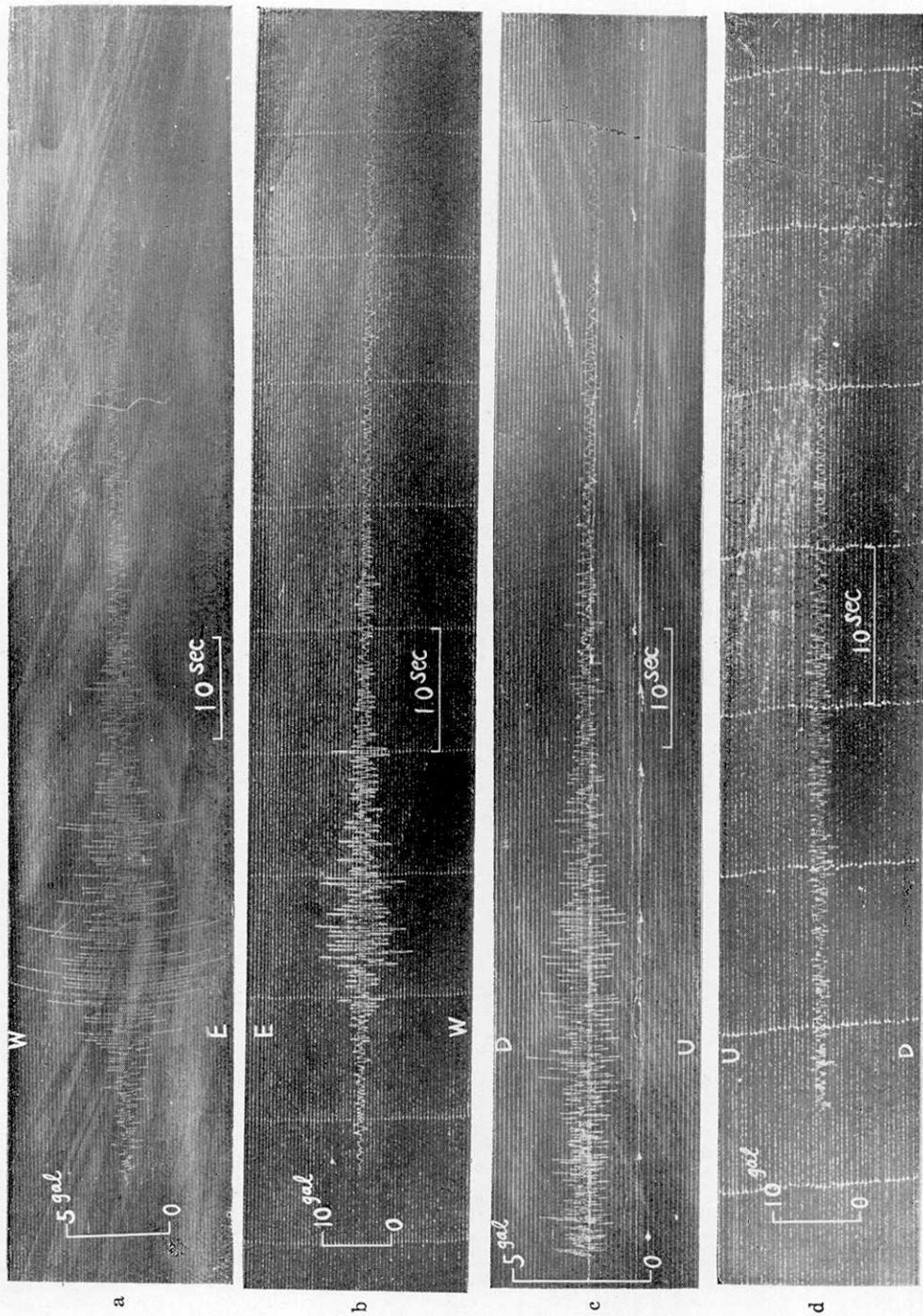
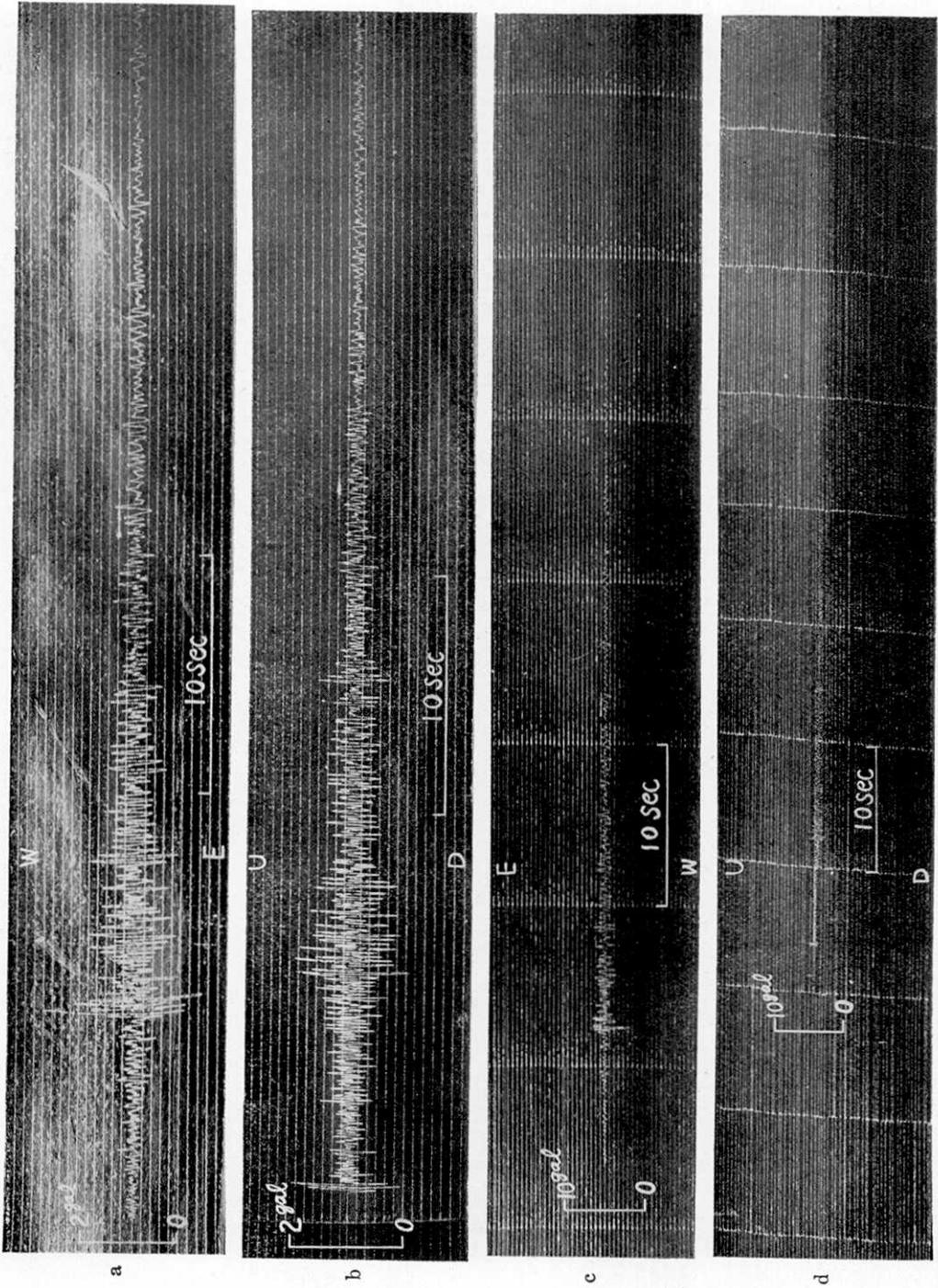


Fig. 33. Enregistrements obtenus pour le séisme du 31 décembre 1939, No. 136. a, c: grands appareils. b, d: petits appareils.



(震研彙報 第十八號 圖版 飯田)

Fig. 34. Enregistrements obtenus pour le séisme du 20 décembre 1939, No. 129. a, b: grands appareils. c, d: petits appareils.

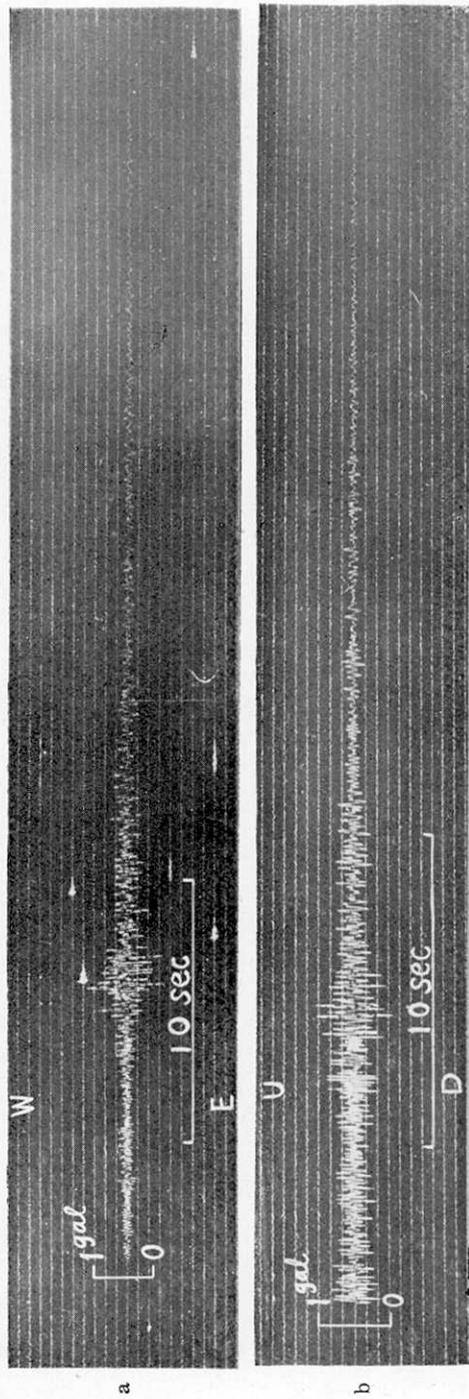


Fig. 35. Enregistrements obtenus pour le séisme non-sensible du 5 décembre 1939, No. 119. a: horizontal. b: vertical.

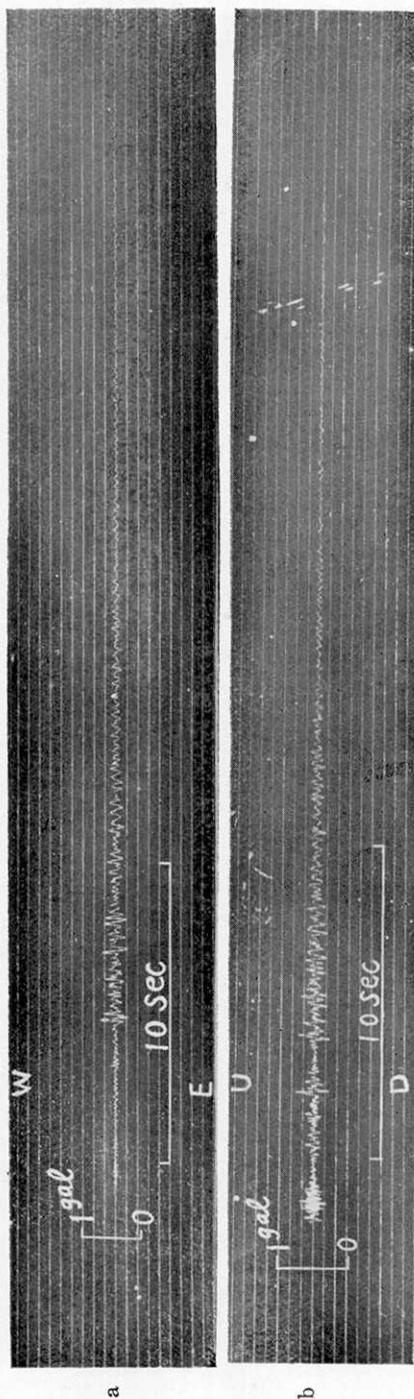


Fig. 36. Enregistrements obtenus pour le séisme non-sensible du 25 novembre 1939, No. 115. a: horizontal. b: vertical.