



Title	13. 東北日本太平洋側に発生した地震のP波初動分布の特徴
Author(s)	笹谷, 努; SASATANI, Tsutomu
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 25, 243-257
Issue Date	1971-03-25
DOI	<a href="https://doi.org/10.14943/gbhu.25.243">https://doi.org/10.14943/gbhu.25.243</a>
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/14002">https://hdl.handle.net/2115/14002</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	25_p243-257.pdf



# 13. 東北日本太平洋側に発生した地震の P波初動分布の特徴

笹谷 努

(北海道大学理学部地球物理学教室)

— 昭和45年10月受理 —

## I. ま え が き

東北日本太平洋側は、浅発地震の活動がきわめて活発である。これらの地震のメカニズムは、昔から多くの人によって研究されている<sup>1)</sup>。しかし、観測点の地理的分布が悪いことや、初動の判別が困難であるなどの理由で、精度良く決定されたメカニズム解は少ないようである。

筆者は、東北日本太平洋側に発生した地震の日本の観測点で観測されたP波初動分布の特徴に注目した。そして、この地域に発生する地震のメカニズムが dip-slip faulting であるという仮定のもとに、このP波初動分布の特徴を定性的に地震のメカニズムと関係づけて解析した。

その結果によると、この特徴とこの地域の海底地形、及び upper mantle の構造との間に深い関係があると考えられる。

## II. 資 料

1961年から1969年までのマグニチュードが5.5よりも大きく、震源の深さが60 kmよりも浅い浅発地震について調べた。北緯35°から43°、東経140°から147°の地域内に発生した地

1) 鷺坂清信, 竹花峰夫; 三陸沖強震及び余震の発震機構に就いて, 験震時報, 8 (1934), 32-46.

T. MATUZAWA; Seismometrische Untersuchungen des Erdbebens Vom 2. März 1933.

Raumverteilung der Wellenstrahlung aus dem Herd, Bull. Earthq. Res. Inst., 13 (1935), 171-193.

中央気象台地震掛; 昭和13年11月15日, 福島県東方沖地震及び同余震調査報告, 験震時報, 10 (1940), 528-545.

K. AKI; Earthquake Generating Stress in Japan for the Year 1961 to 1963, Obtained by Smoothing the First Motion Radiation Patterns, Bull. Earthq. Res. Inst., 44 (1966), 447-471.

市川政治; 日本付近の地震のメカニズムに関する統計的研究と二, 三の問題, 研究時報, 18 (1966), 83-154.

H. HONDA, A. MASATSUKA and M. ICHIKAWA; On the Mechanism of Earthquakes and Stresses Producing Them in Japan and Its Vicinity (Third Paper), Geophys. Mag., 33 (1967), 271-279.

気象庁; 1968年十勝沖地震調査報告, 気象庁技術報告, 68 (1969), 6-20.

市川政治; 日本付近の地震のメカニズムの再解析結果の統計的調査について, 地震学会昭和45年春季大会にて講演.

**第1表** 第1図に示された地震のリスト ( $M \geq 5.5$ ,  $H \leq 60$  km, 1961~1969)  
 Data  $T$  は初動方向の報告された全体の数,  $C$  はそのうちの「押し」の数,  $D$  はそのうちの「引き」の数を示す (地震月報による)。  
 P-Type は P 波初動分布の型を示す。Type 1, 2, 3, 4 については本文及び第2図参照。X はこれらの型に分類できないものを示す。  
 F-Type は断層の型を示す。R: 逆断層, N: 正断層, N-R: 正断層かあるいは逆断層かを一義的に決定できないもの, X: これらの断層型に分類できないもの。

**Table 1.** List of earthquakes with  $M \geq 5.5$  and  $H \leq 60$  km during nine years from 1961 to 1969 which occurred in the area shown in Figure 1. Data  $T$  indicates the total number of the initial motion data,  $C$  indicates the number of compressional initial motions,  $D$  indicates the number of dilatational initial motions. P-Type represents the type of the distribution of the P-wave initial motions. Examples of Type 1, 2, 3 and 4 are shown in Figure 2. X represents earthquake which can not be classified into the types. F-Type represents the fault type. R: reverse faulting, N: normal faulting, N-R: normal faulting or reverse faulting, X: earthquake which can not be classified into the fault types.

No.	Origin Time (JMA)	Epicenter		$H$ (km)	$M$	Data $T(C, D)$	P-Type	F-Type
		N	E					
1	1961 Jan. 6 <sup>d</sup> 10 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	42°02'	143°49'	40	5.6	10 ( 3, 7)	2	R
2	16 16 20	36 02	142 16	40	6.8	52 (38, 14)	2	R
3	16 17 48	36 01	141 54	00	5.5	9 ( 5, 4)	X	X
4	16 20 19	36 01	141 55	20	6.4	31 (20, 11)	2	R
5	16 20 41	36 18	141 37	00	5.5	12 ( 5, 7)	2	R
6	16 21 12	36 13	141 59	20	6.5	29 (18, 11)	2	R
7	16 22 09	35 58	141 54	20	5.7	10 ( 8, 2)	2	R
8	16 23 04	36 03	142 31	40	6.1	28 (25, 3)	3	N-R
9	16 23 44	36 21	141 42	00	5.5	12 (12, 0)	3	N
10	17 00 41	36 09	142 08	40	6.6	39 (30, 9)	2	R
11	21 07 34	73 06	141 37	40	5.5	17 ( 1, 16)	1	R
12	Feb. 23 13 16	38 16	143 30	00	6.4	33 (28, 5)	3	N
13	Mar. 19 13 52	40 11	143 25	60	5.5	10 ( 6, 4)	2	R
14	25 07 57	35 44	141 17	00	6.1	43 (22, 21)	2	R
15	May 27 16 18	41 10	142 20	40	5.5	10 ( 2, 8)	1	R
16	June 19 11 46	39 08	143 43	40	5.6	11 ( 9, 2)	4	N
17	19 16 38	39 09	143 39	40	5.8	11 ( 9, 2)	4	N
18	19 16 59	39 14	143 31	40	5.5	11 ( 9, 2)	4	N
19	July 18 01 20	35 48	141 36	00	5.8	21 (11, 10)	2	R
20	Aug. 12 08 34	42 49	145 34	60	5.8	17 ( 6, 11)	2	R
21	Sep. 30 01 50	42 44	145 51	60	5.6	11 ( 6, 5)	2	R
22	Nov. 15 16 17	42 39	145 34	60	6.9	55 (42, 13)	2	R
23	26 05 20	36 12	141 43	20	5.8	19 ( 9, 10)	2	R
24	1962 Jan. 9 21 41	42 39	145 21	60	6.0	14 ( 8, 6)	2	R
25	Apr. 12 09 53	37 58	142 49	40	6.8	49 (37, 12)	2	R
26	12 14 16	37 45	142 54	40	5.8	20 (15, 5)	2	R
27	18 05 54	38 02	142 48	40	5.6	14 ( 7, 7)	X	X
28	23 14 58	42 14	141 55	60	7.0	43 (19, 24)	2	R

No.	Origin Time (JMA)			Epicenter		H (km)	M	Data T(C, D)	P-Type	F-Type
				N	E					
29	1962	Apr.	26 00 47 <sup>d h m</sup>	38°14'	143°05'	60	6.4	36 (25, 11)	2	R
30			30 11 26	38 44	141 08	00	6.5	56 (37, 19)	2	X
31		July	18 02 20	42 38	145 10	60	5.9	19 ( 5, 14)	2	R
32			29 04 43	36 40	142 03	40	5.5	15 (13, 2)	4	N
33		Aug.	28 01 20	38 09	142 47	40	5.8	22 (10, 12)	2	R
34		Sep.	24 23 38	42 31	145 46	40	5.6	10 ( 5, 5)	X	X
35		Nov.	3 00 00	36 45	141 25	40	5.7	18 ( 2, 16)	1	R
36			14 16 48	35 44	141 08	40	5.8	31 (11, 20)	1	R
37		Dec.	21 18 33	42 01	142 30	60	6.3	31 (20, 11)	2	R
38			28 03 18	39 40	142 14	40	5.9	20 ( 6, 14)	1	R
39	1963	Mar.	1 19 46	40 59	143 18	60	5.5	12 ( 9, 3)	X	X
40		May	8 19 22	36 24	141 11	40	6.1	41 (11, 30)	2	R
41		Aug.	15 15 11	37 40	141 57	40	6.6	53 (18, 35)	2	R
42			21 00 48	41 05	143 02	60	5.7	20 (11, 9)	2	R
43	1964	Jan.	10 13 51	41 42	142 51	40	6.1	22 ( 9, 13)	X	X
44		Feb.	5 20 30	36 24	141 04	40	6.0	41 (11, 30)	2	R
45			7 21 59	39 47	142 53	40	5.7	18 (10, 8)	2	R
46		Apr.	16 10 04	36 56	143 07	00	6.0	24 (23, 1)	3	N
47		May	30 23 30	36 14	141 11	40	6.2	40 (15, 25)	2	R
48		Oct.	22 18 54	36 38	141 14	60	5.5	24 ( 2, 22)	1	R
49	1965	Feb.	16 21 24	38 52	142 11	60	5.7	21 ( 5, 16)	2	R
50		Mar.	17 01 46	40 42	143 12	40	6.4	34 (27, 7)	2	R
51			29 19 47	40 39	143 09	40	6.4	49 (38, 11)	2	R
52		May	19 07 46	43 18	146 54	60	5.5	No Report	—	—
53		June	13 16 06	41 35	143 48	20	6.0	32 (27, 5)	2	R
54		July	25 22 33	41 16	146 38	60	5.5	16 (10, 6)	X	X
55		Sep.	11 04 26	37 17	141 22	60	5.5	20 ( 5, 15)	4	N
56			17 21 59	36 16	141 36	20	5.5	15 ( 5, 10)	2	R
57			17 22 21	36 17	141 31	00	5.6	13 ( 4, 9)	2	R
58			17 23 22	36 13	141 31	40	5.5	16 ( 5, 11)	2	R
59			18 00 18	36 14	141 31	40	5.7	21 ( 3, 18)	1	R
60			18 01 21	36 19	141 28	40	6.8	47 (24, 23)	2	R
61			23 07 08	36 24	141 24	40	6.2	47 (22, 25)	2	R
62			25 23 37	39 30	143 43	60	5.6	19 (18, 1)	3	N
63			25 23 42	39 30	143 43	40	5.5	7 ( 4, 3)	X	X
64			25 23 53	39 33	143 30	40	5.6	19 (17, 2)	3	N-R
65		Nov.	14 14 54	36 28	141 14	40	5.6	34 ( 8, 26)	2	R
66	1966	Apr.	3 13 43	36 16	141 43	20	5.8	42 ( 6, 36)	1	R
67			22 00 45	35 30	142 17	40	5.8	14 (11, 3)	3	N-R
68			22 02 37	35 30	142 12	40	5.5	No Report	—	—
69		Aug.	19 21 46	36 17	141 58	40	5.7	22 (15, 7)	2	R
70		Nov.	12 21 50	41 37	144 26	40	5.9	29 (25, 4)	3	N-R
71		Dec.	27 10 22	37 04	141 12	40	5.5	16 ( 7, 9)	2	R
72	1967	Jan.	6 09 04	41 48	143 29	50	5.9	24 (13, 11)	2	X
73			17 20 59	38 15	142 05	30	6.3	46 (16, 30)	2	R

No.	Origin Time (JMA)			Epicenter		<i>H</i> (km)	<i>M</i>	Data <i>T</i> ( <i>C</i> , <i>D</i> )	P-Type	F-Type
				N	E					
74	1967 Jan.	24 12 05 <sup>d h m</sup>	41°26'	142°08'	50	5.7	20 ( 5, 15)	1	X	
75	Sep.	15 09 28	35 36	140 55	40	5.6	24 ( 8, 16)	2	R	
76	Nov.	4 22 27	37 17	141 54	50	5.8	35 (12, 23)	2	R	
77		4 23 30	43 29	144 16	20	6.5	31 (26, 5)	3	X	
78		4 23 45	43 30	144 10	00	5.7	8 ( 4, 4)	X	X	
79		19 21 07	36 26	141 13	50	6.0	46 ( 8, 38)	2	R	
80	1968 Apr.	21 17 34	38 36	143 28	60	5.8	32 (25, 7)	2	N	
81	May	1 17 43	38 34	143 31	60	5.5	20 (15, 5)	4	N	
82		16 09 49	40 44	143 35	00	7.9	27 (16, 11)	4	N	
83		16 10 51	41 24	143 36	10	5.5	No Report	—	—	
84		16 15 36	41 00	143 15	40	5.9	18 ( 5, 13)	4	N	
85		16 16 49	41 17	142 42	10	5.5	12 ( 6, 6)	2	R	
86		16 17 58	41 24	142 36	10	5.8	20 (12, 8)	X	X	
87		16 19 39	41 25	142 51	40	7.5	56 (31, 25)	4	N	
88		16 21 09	40 59	143 19	50	5.5	4 ( 4, 0)	3	N-R	
89		17 01 13	39 46	143 52	50	6.1	25 (24, 1)	3	N-R	
90		17 01 21	39 54	144 00	10	5.6	No Report	—	—	
91		17 03 43	40 45	142 20	40	5.9	28 (10, 18)	X	X	
92		17 04 17	41 17	142 35	30	5.9	30 ( 8, 22)	4	N	
93		17 05 22	41 24	142 40	00	5.9	27 ( 4, 23)	1	R	
94		17 08 05	39 46	143 29	30	6.7	22 (17, 5)	3	N-R	
95		17 19 42	39 34	143 50	60	5.7	20 (19, 1)	3	N	
96		17 22 02	41 24	142 58	40	5.7	27 (26, 1)	3	N	
97		18 01 02	40 35	144 15	50	5.6	8 ( 6, 2)	3	N-R	
98		18 03 17	39 39	143 28	20	5.7	19 (18, 1)	2	R	
99		18 07 36	40 33	144 12	50	5.5	10 (10, 0)	3	N-R	
100		19 14 54	35 29	142 27	40	5.5	17 (16, 1)	3	N-R	
101		20 07 16	40 51	143 32	30	5.8	21 (20, 1)	3	N-R	
102		20 15 53	40 22	143 59	40	5.6	19 (16, 3)	4	N	
103		21 13 11	41 09	143 42	10	5.5	8 ( 7, 1)	3	N-R	
104		22 19 52	41 26	143 00	50	5.9	33 (30, 3)	3	N	
105		23 04 29	40 15	142 34	30	6.3	31 (17, 14)	2	R	
106		24 23 06	40 47	143 27	40	6.2	36 (31, 5)	3	N-R	
107		25 20 53	40 09	143 17	30	5.7	20 (17, 3)	2	R	
108	June	1 19 32	40 10	142 30	30	5.7	18 (12, 6)	2	R	
109		7 06 17	41 16	142 38	40	5.7	14 ( 4, 10)	4	N	
110		12 22 41	39 25	143 08	00	7.2	44 (23, 21)	2	R	
111		12 23 17	39 17	142 56	20	5.5	6 ( 4, 2)	X	X	
112		13 02 52	39 09	143 06	40	5.6	16 ( 5, 11)	2	R	
113		13 06 57	39 19	143 05	40	6.1	41 (30, 12)	2	R	

No.	Origin Time (JMA)			Epicenter N E		H (km)	M	Data T(C, D)	P-Type	F-Type
114	1968	June	13 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup>	39°29'	143°15'	40	5.8	21 (11, 10)	2	R
115			13 11 05	39 25	143 10	30	5.8	15 (12, 3)	3	N-R
116			13 20 56	39 14	143 17	40	5.7	24 ( 7, 17)	2	R
117			14 06 10	39 25	143 06	40	5.8	31 (21, 10)	2	R
118			14 12 18	39 25	142 57	20	5.7	15 ( 5, 10)	2	R
119			14 20 52	39 20	143 07	30	5.5	22 (10, 12)	2	R
120			15 12 31	39 24	142 59	40	5.5	15 ( 6, 9)	2	R
121			17 20 53	40 56	143 22	10	6.4	36 (31, 5)	4	N
122			18 01 56	40 08	144 08	60	5.6	19 (19, 0)	3	N
123			18 03 57	38 38	144 13	40	6.0	16 (15, 1)	3	N-R
124			19 10 38	39 27	143 11	50	5.7	23 (12, 11)	4	N
125			26 08 33	39 30	144 00	50	5.5	15 (15, 0)	3	N-R
126			26 19 24	41 54	142 49	40	5.7	27 ( 7, 20)	1	R
127	July		5 20 28	38 26	142 13	50	6.4	44 (12, 32)	2	R
128			11 05 40	40 11	143 34	30	5.7	21 (21, 0)	3	N-R
129			12 09 44	39 34	143 29	40	6.4	49 (40, 9)	4	N
130			12 12 56	39 35	143 26	30	5.8	28 (17, 11)	2	R
131			24 08 02	40 16	143 42	30	5.7	11 (11, 0)	3	N
132	Aug.		8 13 55	36 21	141 35	10	5.6	27 ( 9, 18)	2	R
133			16 19 39	38 34	143 51	00	5.9	26 (25, 1)	3	N
134			25 18 07	40 02	143 33	30	5.8	19 (19, 0)	3	N-R
135			25 18 14	40 02	143 32	50	5.7	8 ( 8, 0)	3	N
136	Sep.		15 19 50	40 46	143 31	20	5.8	28 (24, 4)	4	N
137			23 14 03	40 15	143 53	10	5.7	12 (12, 0)	3	N-R
138			24 12 35	40 17	143 55	20	5.8	17 (16, 1)	3	N-R
139	Oct.		8 05 49	41 49	142 43	60	6.2	24 (10, 14)	X	X
140	Nov.		11 23 41	40 07	143 25	30	6.0	22 (18, 4)	2	R
141			14 03 41	40 09	142 47	30	6.0	27 (19, 8)	2	R
142			25 06 21	40 16	142 34	50	6.0	35 (16, 19)	2	R
143	Dec.		17 06 23	39 47	143 52	40	5.5	7 ( 7, 0)	3	N-R
144			25 12 56	41 40	142 54	30	5.6	18 ( 6, 12)	X	X
145	1969	Mar.	21 12 05	40 20	144 05	30	5.6	15 (15, 0)	3	N-R
146		Apr.	16 02 31	39 50	143 52	20	5.9	24 (19, 5)	4	N
147			22 17 11	39 50	143 25	60	5.9	25 (20, 5)	2	N
148		June	12 16 41	40 20	144 02	40	5.6	14 (14, 0)	3	N-R
149			21 00 38	40 42	142 22	40	5.6	14 (11, 3)	1	R
150		July	13 04 16	39 45	143 54	10	5.6	13 ( 8, 5)	4	N
151			23 22 14	37 14	141 45	40	5.5	28 ( 4, 24)	1	R
152		Oct.	31 16 00	37 00	142 31	60	5.5	11 ( 4, 7)	X	X

震に限った。震源に関する諸量、およびP波初動の方向(「押し」, 「引き」)については、気象庁の地震月報の報告をそのまま使用した。約150個の地震が解析の対象となった。それらを第1表及び第1図に示す。1968年十勝沖地震の余震が全体の約半数を占める。本震と余震のメカニズムに関して多くの研究がある<sup>2)</sup>。しかし、ここでは本震と余震を区別することなく扱った。

### III. P波初動分布の特徴

それぞれの地震について、地震月報に報告されている各観測点のP波初動方向を地図上にプロットした。これらの初動分布をくわしく調べると、次の様な特徴が存在する。

1) 同じ地域に発生した地震は、ほとんど等しい初動分布を与える。

2) 初動分布は次の4つの型に分類できる。

Type 1: 日本の観測点のほとんどが「引き」となるもの(例, 第2図, (a), (b))。

Type 2: 島弧の走行に対して垂直な方位に長軸をもち、かつ震央を端に含むような楕円の内側に位置する観測点では「引き」、楕円の外側に位置する観測点では「押し」となるもの。この楕円は節線であり、その大きさは一定ではない(第2図, (c)~(f))。北海道沖に発生した地震の場合、北海道では「引き」、本州では「押し」となるものはこの型に含めた(第2図 (d))。

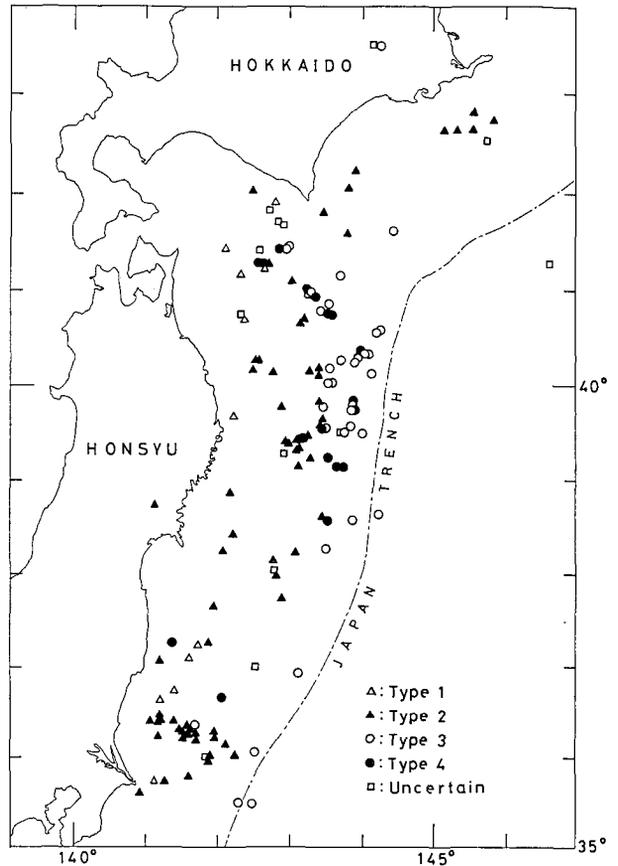
Type 3: 日本の観測点のほとんどが「押し」となるもの(第2図, (g)~(j))。

2) 例えば

W. STAUDER and G. A. BOLLINGER; The Focal Mechanism of the Alaska Earthquake of March 28, 1964, and of Its Aftershock Sequence, *J. Geophys. Res.*, **71** (1966), 5283-5296.

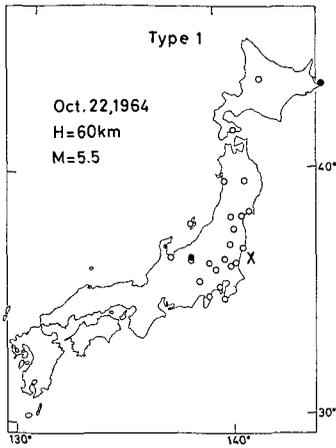
W. STAUDER; Mechanism of the Rat Island Earthquake Sequence of February 4, 1965, with Relation to Island Arc and Sea-Floor Spreading, *J. Geophys. Res.*, **73** (1968), 3847-3858.

牧 正; 1964年アラスカ地震群の発震機構, 北海道大学地球物理学研究報告, **21** (1969), 63-105.

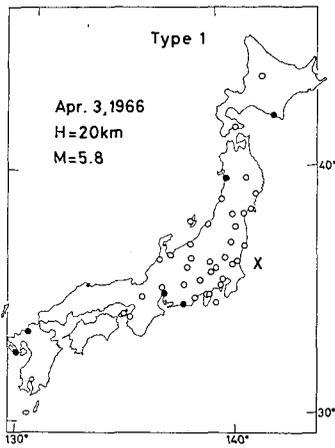


第1図 P波初動分布の型によって分けた震央分布

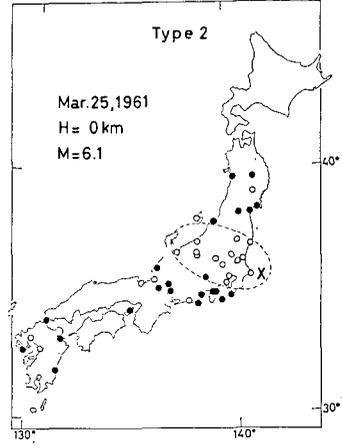
Fig. 1. Epicenters classified by the type of the distribution of the P-wave initial motions.



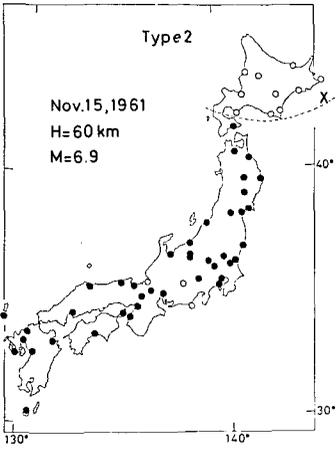
(a)



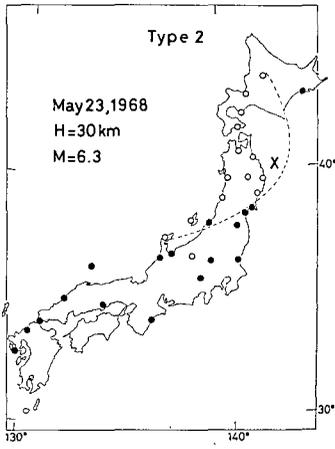
(b)



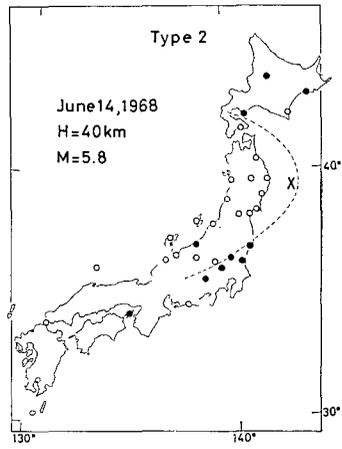
(c)



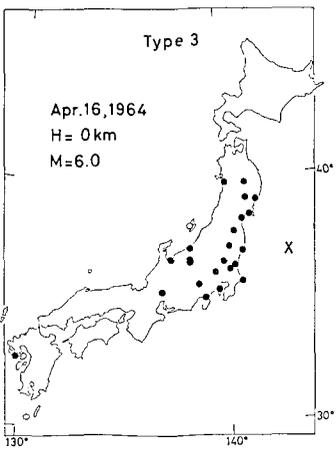
(d)



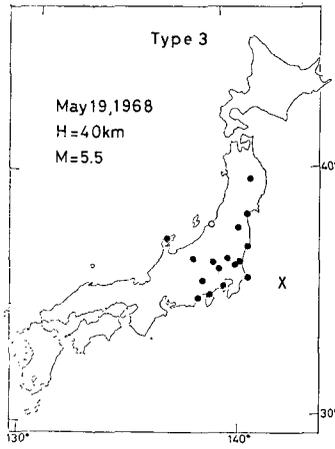
(e)



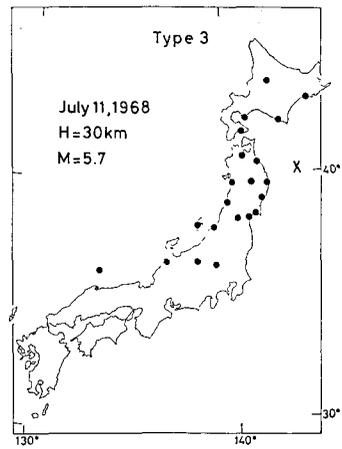
(f)



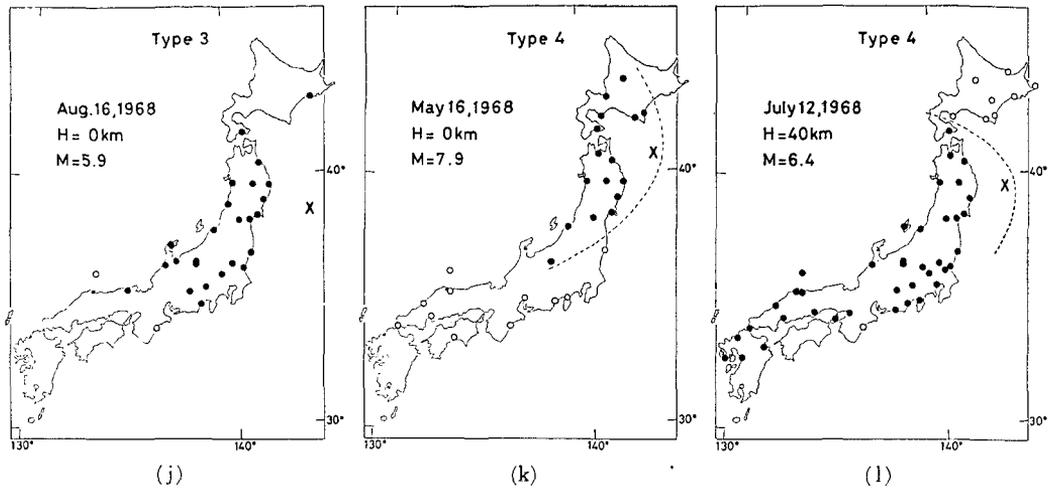
(g)



(h)



(i)



第2図 P波初動分布の型。黒丸は「押し」、白丸は「引き」、Xは震央、点線は節線を表わす。

Fig. 2. Examples of four types of the distribution of the P-wave initial motions. Closed circles are compressional initial motions, and open circles are dilatational initial motions. X represents the epicenter. The dashed line shows a nodal line.

Type 4: 楕円の内側に位置する観測点では「押し」、楕円の外側に位置する観測点では「引き」となるもの(第2図, (k)~(l))。

これらの型の例を第2図に示す。又、第1表の7列目にそれぞれの地震のP波初動分布の型が数字で示してある。

Type 1とType 3のなかには、地震の規模が小さいため、初動が明瞭に観測される震央距離が短くなり、みかけ上この型を示したと考えられるものもある。

3) これらの型を示す地震の発生に著しい地域性がある。それぞれの型によって分けた震央が第1図に示してある。はっきりと上述の4つの型に分類できない地震はUncertainとして示してある。

北海道沖においては、Type 2の地震が卓越する。

襟裳岬南西部に発生した地震は、島弧の走行に垂直な方位の観測点が少ないため不正確なものが多い。

三陸沖においては、東経143.5°を境にして、それより陸側ではType 2の地震が、それより海側ではType 3, Type 4の地震が卓越する。

鹿島灘においては、ほとんどがType 1, Type 2の地震である。数は少ないけれども、海溝近くにType 3の地震がある。

特徴1)は、解析した期間中(9年間)、この地域に定まったpatternのstressが作用していたことを示す。

特徴 2) と特徴 3) は、昭和 8 年三陸沖強震<sup>3)</sup>、昭和 13 年福島県東方沖地震<sup>4)</sup> に対する調査においてもみられる。又、気象庁地震課の「地震予知のための予備調査」(B 調査: 初動方向の分布による地震活動) に基づいて、各観測点で行なっている調査<sup>5)</sup> においても上述の特徴は現われている。

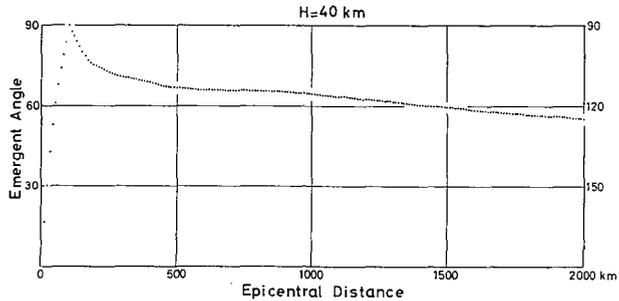
これらの事実は、上述の特徴が解析した期間にのみ特異的に現われたのではなく、昔から東北日本太平洋側に発生した地震にみられる特徴であることを示す。

#### IV. 解析方法、及びその結果

東北日本太平洋側に発生した地震に対して、日本の観測点は一方向にしか分布していないので、その初動分布から正確な地震のメカニズム解を決めることは非常に困難である。

ここでは、以下に述べる仮定のもとに、前節の P 波初動分布の特徴を定性的に地震のメカニズムと関係づけて解析する。

第 3 図は、深さ 40 km の地震に対する震央距離～射出角の関係を示したものである(東北日本太平洋側の様に、構造の複雑な地域に標準の震央距離～射出角の関係をそのまま使用することに問題があるかもしれない。しかし、ここでは定性的に問題を扱うのでさほど心配することはないと思う)。この図からこの地域に発生した地震の



第 3 図 震央距離と射出角の関係(深さ  $H=40$  km の場合)

Fig. 3. Relation between epicentral distance and emergent angle for the earthquake with focal depth  $H=40$  km.

3) 鷲坂清信, 竹花峰夫; 前出 1)

4) 中央気象台地震掛; 前出 1)

5) 例えば

大野 謙, 須賀盛典, 南喜一郎; 北海道周辺における地震活動と地下構造(特に札幌の観測資料から), 験震時報, 26 (1961), 39-59.

関 彰; 松代における初動からみた地震活動域について, 験震時報, 27 (1963), 163-168.

浜名 宏; 小名浜の観測資料からみた東日本周辺の地震活動域について, 験震時報, 29 (1964), 1-15.

大沢光雄; 青森の地震記象から見た地震活動域と地下構造, 験震時報, 29 (1965), 155-164.

中居平文; 宮古の地震記象からみた地震活動域と地下構造について, 験震時報, 31 (1968), 101-108.

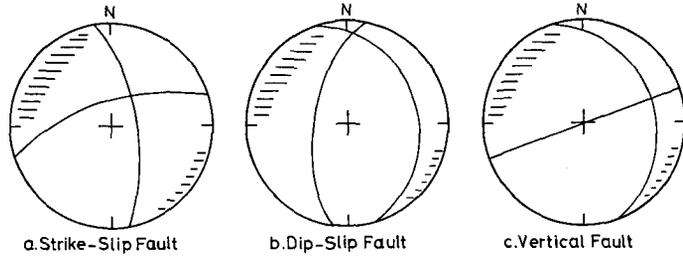
山本復太郎, 野田喜一郎; 八戸の資料からみた初動の押し引き分布と P 波走時について, 験震時報, 31, (1968), 49-56.

宮内民人; 長野の地震記象型及び験測結果からみた地震活動域, 験震時報, 32 (1968), 17-26.

嶺脇 実; 函館の地震記象からみた北海道周辺の地震活動域について, 験震時報, 33 (1969), 49-56.

渡辺偉夫, 八木恒介, 瀬良義郎; 仙台の地震観測から得られた東北地方周辺の地震活動域と地殻構造, 験震時報, 33 (1969), 57-74.

朝倉克抓, 多田匡臣, 加藤和夫; 盛岡の観測資料からみた地震活動について, 験震時報, 33 (1969), 75-90.



第4図 日本の観測点のP波初動分布を満足する可能なメカニズム解。影をつけた部分は、震源球の等面積投影下半球による日本の観測点の位置を示す。

Fig. 4. Possible mechanism solutions which satisfy the distribution of the P-wave initial motions observed at the stations in Japan. Shadow regions represent the location of Japanese stations in an equal area projection of the lower hemisphere of the focal sphere.

日本の観測点に到達する波線は、震源を垂直上方から  $110^{\circ}\sim 120^{\circ}$  の角度で出たことがわかる。

つまり、震源球の等面積投影上では、ほとんどの観測点が中心からだいたい等しい距離に位置することを示す。第4図で影をつけた部分は、震源球の等面積投影による日本の観測点の位置である。

この地域に発生した地震に対する日本の観測点の方位分布は一方向に限られているため、その初動分布を満足する地震のメカニズム解は、第4図に示されているごとく色々なものが考えられる。

ここで次のことを仮定する。この地域に発生した地震のメカニズムは dip-slip faulting (第4図 (b)) である。又、節面の走向は島弧の走行にだいたい平行である。

この仮定に従えば、日本の観測点の初動分布から、dip-slip faulting における断層の型(正断層か、あるいは逆断層か)を定性的に決めることができる。太平洋をとりまく島弧に発生した多くの浅発地震のメカニズムの解析<sup>6)</sup>によれば、この仮定は、島弧に発生する浅発地震の

6) W. STAUDER and G. A. BOLLINGER; 前出 2)

W. STAUDER; 前出 2)

W. STAUDER; Tensional Character of Earthquake Foci beneath the Aleutian Trench with Relation to Sea-Floor Spreading, *J. Geophys. Res.*, **73** (1968), 7693-7701.

B. ISACKS, J. OLIVER and L. R. SYKES; Seismology and the New Global Tectonics, *J. Geophys. Res.*, **73** (1968), 5855-5899.

B. ISACKS, L. R. SYKES and J. OLIVER; Focal Mechanisms of Deep and Shallow Earthquakes in the Tonga-Kermadec Region and the Tectonics of Island Arcs, *Bull. Geol. Soc. Am.*, **80** (1969), 1143-1470.

J. C. SAVAGE and L. M. HASTIE; Surface Deformation Associated with Dip-Slip Faulting, *J. Geophys. Res.*, **71** (1966), 4897-4904.

P. MOLNAR and L. R. SYKES; Tectonics of the Caribbean and Middle America Region from Focal Mechanism and Seismicity, *Bull. Geol. Soc. Am.*, **80** (1969), 1639-1648.

M. KATSUMATA and L. R. SYKES; Seismicity and Tectonics of the Western Pacific: Izu-Mariana-Caroline and Ryukyu-Taiwan Regions, *J. Geophys. Res.*, **74** (1969), 5923-5948.

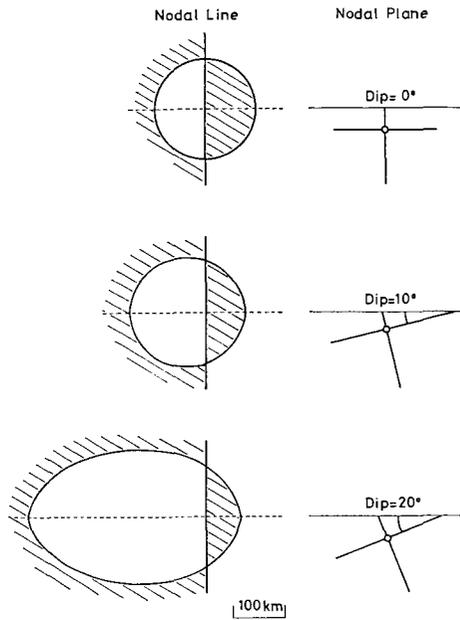
メカニズムの一般的性質として認められる。

dip-slip faulting における断層面と地表に現われる節線との関係を示したのが第5図である。震源の深さ40kmの地震に対する断層面の傾き(ゆるく傾いた断層面の傾きをとる)と節線の形が示してある。断層面の傾きが小さい時節線が楕円になることに注目すれば、第2節でType 2とType 4の地震が存在した事実は、この地域に発生した地震のメカニズムがdip-slip faulting であるという上の仮定を支持するものである。楕円の長軸の長さなどは、震源の深さ、断層面の傾きによって異なる。以上の点を考慮すれば、第2節のP波初動分布4つの型それぞれに対して、以下に述べる判別方法でその地震の断層の型を決定することができる。

水平方向の断層面の傾きゼロの場合の節線(この場合、節線は円になる)と震央との間の距離を $\Delta c$ 、観測点の最小の震央距離を $\Delta s$ 、楕円(節線)の長軸の長さを $\Delta b$ とする。 $\Delta c$ 、 $\Delta s$ 、 $\Delta b$ の相互の関係が判別条件となる。

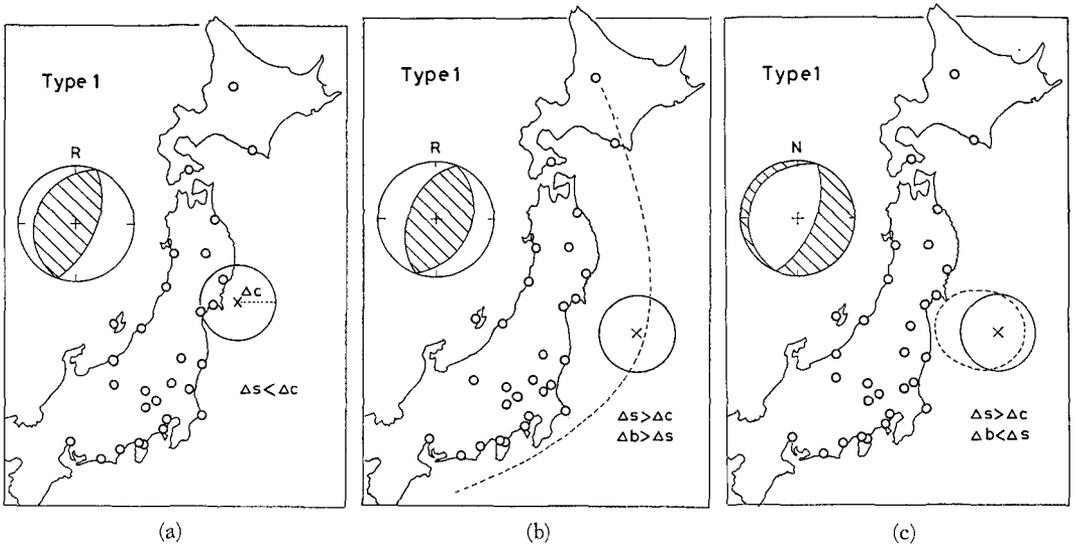
第6図は、P波初動分布のType 1に対する判別条件と、その解析方法を示したものである。 $\Delta s < \Delta c$ の場合には、その地震は逆断層である(第6図(a))。 $\Delta s > \Delta c$ の場合には、第6図(b),(c)に示されているごとく、断層面(西方に傾いた方をとる)の傾きの大きさ、つまり、楕円の長軸の長さ $\Delta b$ と、 $\Delta s$ との関係で、その地震は逆断層、あるいは正断層となる。断層面の傾きの大きさについては何ら情報をもっていないので、 $\Delta s > \Delta c$ の場合どちらの断層の型も可能である。第7図は、P波初動分布Type 2に対する判別条件と、その解析方法を示したものである。 $\Delta b < \Delta c$ の場合には、その地震は正断層であり(第7図(a))、 $\Delta b > \Delta c$ の場合には、逆断層である(第7図(b))。P波初動分布Type 3とType 4に対しては、Type 1、Type 2と同様に考え、ただ、それぞれの断層の型を逆にすればよい。第2表に、P波初動分布の型それぞれに対する判別条件と断層の型がまとめてある。Type 1とType 3の地震において、 $\Delta s > \Delta c$ の場合には断層の型を一義的に決定することはできない。

以上の解析方法でそれぞれの地震に対して断層の型を決定し、地図上に示したのが第8図である。又、第1表の8列目にそれぞれの地震に対して決定された断層の型が示してある。



第5図 dip-slip faulting における断層面の傾きと節線の関係(深さ40kmの地震の場合)。斜線を入れた部分と空白な部分は異なった初動方向を示す。

Fig. 5. Relation between the dip of fault plane and the nodal line for the earthquake with focal depth  $H=40$  km. Initial motions in hatched region are different with those in open region.



第6図 P波初動分布 Type 1 に対する解析方法

$\Delta c$ : 水平方向の断層面の傾きゼロの場合の節線と震央との間の距離(この場合、節線は円になる)。 $\Delta s$ : 観測点の最小の震央距離。 $\Delta b$ : 楕円の長軸の長さ。左上に解析されたメカニズム解を示す。斜線を入れた部分は「押し」の領域を表わす。 $R$ : 逆断層。 $N$ : 正断層。

Fig. 6. Method of analysis for Type 1 of the distribution of the P-wave initial motions.

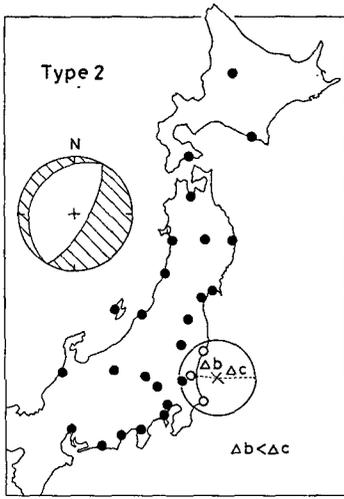
$\Delta c$  denotes the distance between the nodal line and the epicenter in case of the dip of horizontal nodal plane being zero. In this case the nodal line is a circle.  $\Delta s$  denotes the smallest epicentral distance out of Japanese stations.  $\Delta b$  denotes the length of the longer-axis of the elliptic nodal line. Mechanism solutions analyzed are shown on the upper left side. The quadrants of compressional initial motions are hatched.  $R$  represents the reverse faulting, and  $N$  represents the normal faulting.

第2表 解析方法と断層の型。  $\Delta s$ ,  $\Delta c$ ,  $\Delta b$  については第6図に示してある

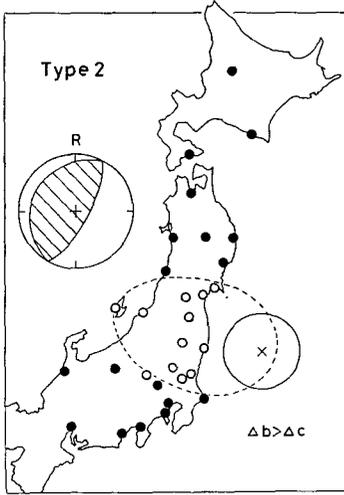
Table 2. Method of analysis and fault types.  $\Delta s$ ,  $\Delta c$ , and  $\Delta b$  are shown in Figure 6.

Type of the distribution of the initial motions	Condition		Fault Type
Type 1	$\Delta s < \Delta c$	—	R
	$\Delta s > \Delta c$	$\Delta b > \Delta s$ $\Delta b < \Delta s$	R N
Type 2	$\Delta b < \Delta c$ $\Delta b > \Delta c$	— —	N R
Type 3	$\Delta s < \Delta c$	—	N
	$\Delta s > \Delta c$	$\Delta b > \Delta s$ $\Delta b < \Delta s$	N R
Type 4	$\Delta b < \Delta c$ $\Delta b > \Delta c$	— —	R N

R: reverse faulting, N: normal faulting.



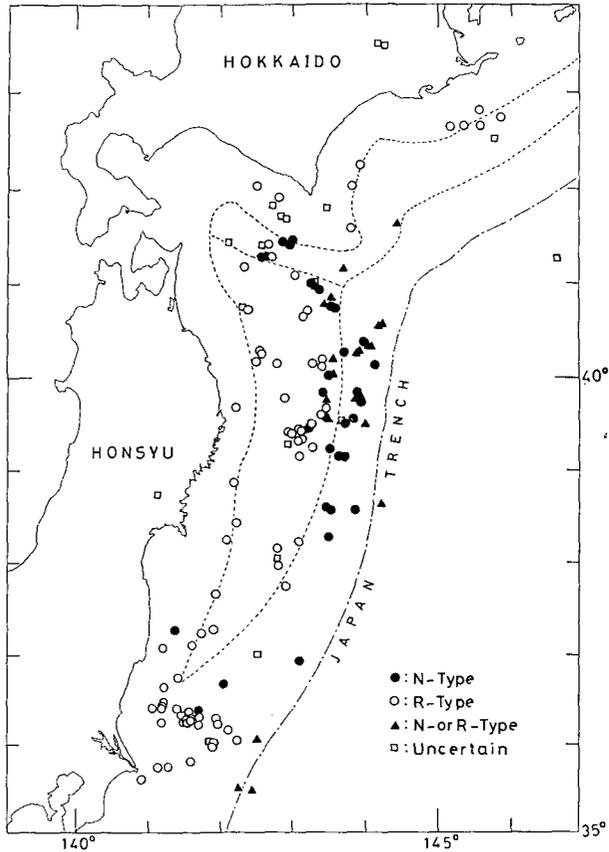
(a)



(b)

第7図 P波初動分布 Type 2 に対する解析方法。記号は第6図と同じ

Fig. 7. Method of analysis for Type 2 of the distribution of the P-wave initial motions. Symbols are the same as those in Figure 6.



第8図 断層の型によって分けた震央分布

N-Type: 正断層, R-Type: 逆断層, N-or R-Type: 正断層か逆断層かを一義的に決定できないもの。点線は海段を示す。

Fig. 8. Epicenters classified by the fault type.

N-Type represents normal faulting, R-Type represents reverse faulting, and N-or R-Type represents normal faulting or reverse faulting. Dashed line represents deep-sea terrace.

Type 1 と Type 3 の地震において正断層か、逆断層かを一義的に決定できないものは、N-or R-Type として示してある。

第1図のP波初動分布の型の震央の地域的特性がほとんどそのまま保存され、断層の型も著しい地域性を示す。

北海道沖においては逆断層の地震が多い。襟裳岬南西部においては、正断層、及び逆断層の地震がまざっている。しかし、これは観測点の分布が悪いためかもしれない。

三陸沖においては、東経 143.5° を境に、それより陸側では逆断層の地震が、それより海側

では正断層,あるいは断層の型を一義的に決定できない地震が卓越する。北緯 38° から 41° までの断層の型によって分けた震源の東西垂直断面を示したのが第 9 図である。逆断層と正断層あるいは一義的に断層の型を決定できない地震が,東経 143.5° を境に分離されるのが明確にわかる。深さに関する特徴はみられない。東経 143.5° より海側では正断層が卓越し,かつ一義的に断層の型を決定できない地震のほとんどが P 波初動分布の Type 3 に属することを考慮すれば,この一義的に断層の型を決定できない地震は正断層と考えられる。もしそうであれば,東経 143.5° を境に,この地域に作用している stress 状態が変化していることになる。これらの結果は K. AKI<sup>7)</sup>, 市川<sup>8)</sup> のそれと一致する。

鹿島灘においては,ほとんど逆断層の地震である。海溝近くに 2, 3 一義的に断層の型を決定できない地震が存在するが,これは正断層かもしれない。第 8 図において,点線で示したのは海段<sup>9)</sup> (deep-sea terrace) である。海段の内縁にそって発生した地震はほとんど逆断層を示す。三陸沖における正断層と逆断層の境界がこの海段の外縁付近に相当することは非常に興味あることである。

三陸沖の地震のほとんどは 1968 年十勝沖地震の余震群である。一つの余震群のなかで正断層と逆断層の 2 つの異なった断層の型が存在することも注目すべきである。

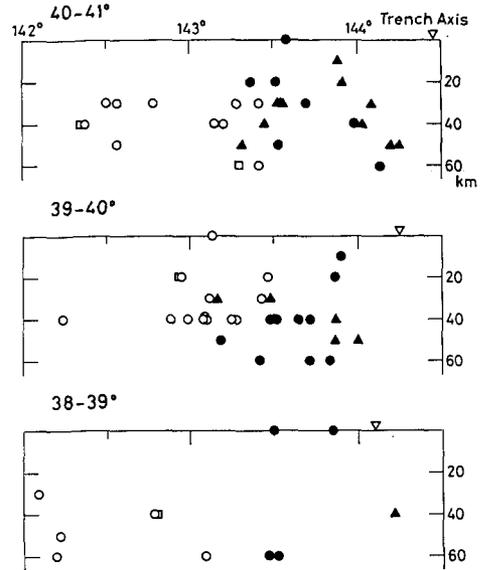
## V. あとがき

東北日本太平洋側に発生した地震の P 波初動分布の特徴を,地震のメカニズムと関係づけて解析した。その結果,この地域に発生した地震の断層の型に著しい地域性のあることがわかった。すなわち,三陸沖において,東経 143.5° を境にそれより陸側では逆断層の地震が,それより海側では正断層の地震が卓越する。このことは注目すべき現象である。島弧における Tectonic な運動を論ずる場合,これらの点についても考慮する必要がある。

7) K. AKI; 前出 1)

8) 市川政治; 前出 1)

9) 田 望; 海底地形と浅発地震の震央分布,北海道大学地球物理学研究報告, 20 (1968), 111-124.



第 9 図 北緯 38° から 41° まで断層の型によって分けた震源の東西垂直断面図。記号は第 8 図と同じ。

Fig. 9. Projection of hypocenters classified by the fault type onto E-W vertical planes from 38°N to 41°N. Symbols are the same as those in Figure 8.

## 謝 辞

震央距離と射出角の関係の Table を心よく送って下さった気象庁の市川政治先生に感謝します。本研究において、終始指導と激励を戴いた田 望助教授、岡田 広助教授、田治米鏡二教授に心からの謝意を申し上げます。

### 13. Distribution of the P-Wave Initial Motions by Earthquakes Occurred on the Pacific Side in the North-East of Japan

By Tsutomu SASATANI

(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

Distributions of the P-wave initial motions observed at the stations in Japan have been classified into four types as follows, using earthquakes occurred on the Pacific side in the North-East of Japan.

Type 1: Dilatational initial motions are observed at almost all stations in Japan.

Type 2: Dilatational initial motions are observed at the stations inside of an elliptic nodal line whose longer-axis is tend to be perpendicular to the general trend of the island arc, and compressional initial motions are observed at the stations outside of the elliptic nodal line.

Type 3: Compressional initial motions are observed at almost all stations in Japan.

Type 4: Compressional initial motions are observed at the stations inside of an elliptic nodal line, and dilatational initial motions are observed at the stations outside of the elliptic nodal line.

If the earthquake mechanisms in this region are characterized by a predominance of dip-slip faultings, these types of the distribution of the P-wave initial motions can be analyzed in connection with the fault type, that is normal faulting or reverse faulting. In the determination of the fault type, the location of epicenter, the focal depth and the dip of fault plane of earthquake are taken into account. In the present analysis, we attempted to classify the earthquakes occurred on the Pacific side in the North-East of Japan into these fault types.

The results obtained are as follows:

- 1) Earthquakes occurred off Hokkaido are characterized by reverse faultings.
- 2) Off Sanriku, earthquakes occurred islandside of  $143.5^{\circ}\text{E}$ . are characterized by reverse faultings, while earthquakes occurred seaside of  $143.5^{\circ}\text{E}$ . are characterized by normal faultings.
- 3) Earthquakes occurred in Kashima-Nada are characterized by reverse faultings.

It is considered that these results are closely related to the topography of the sea floor and the structure of the upper mantle in this region.