伊豆小笠原弧東北日本弧の深発地震の 分布と発震機構

京都大学理学部地球物理学教室 安 中 正

(昭和 52 年 4 月 19 日受理)

Spatial Distribution and Focal Mechanisms of Deep Earthquakes in the Izu-Bonin and the Northeastern Japan Arcs

Tadashi ANNAKA

Geophysical Institute, Faculty of Science, Kyoto University

(Received on April 19, 1977)

Focal mechanism solutions of 60 deep and intermediate earthquakes (depths greater than 200 km) which occurred during the period from 1931 to 1974 in the Izu-Bonin and the Northeastern Japan arcs except in Central Japan, where ITO and ANNAKA (1977) have investigated, have been determined from the first motions of P-waves. Fourteen well determined mechanism solutions published by the previous investigators were also adopted.

Regional variations of the focal mechanism have been studied in detail, with reference to the spatial distribution of hypocenters. The Izu-Bonin arc is divided into eight regions, and the Northeastern Japan arc is divided into two regions, based on the discontinuity of the spatial distribution of hypocenters or the change of the configuration of the deep seismic zone. The predominant types of the focal mechanism in each region are determined.

The axes of maximum compression for the deep earthquakes in most of the regions are dipping nearly westward in the dip angle about 35° . The local dip direction of the deep seismic zone changes remarkably in those regions, but it hardly influences the direction of the axis of maximum compression. The directions of the axes of minimum compression in those regions change from region to region, and they seem to be related to the configuration of the deep seismic zone. The axes of minimum compression are dipping nearly eastward, or nearly horizontal in the north to the south, for the earthquakes in the regions where the local dip of the deep seismic zone is nearly westward. On the other hand, they are dipping nearly northeastward for most of the earthquakes in the regions where the local dip of the deep seismic zone is nearly southwestward, or the configuration of the deep seismic zone changes abruptly.

For the intermediate earthquakes in two arcs, for the deep earthquakes in the southern end region of the Izu-Bonin arc, where the deep seismic zone is near vertical, and for some of the deep earthquakes in the Northeastern Japan arc, the axes of maximum compression aren't dipping nearly westward in the dip angle about 35° , but are dipping nearly northwestward. And the axes of minimum compression are approximately perpendicular to the deep seismic zone.

The hypocenters seem to be distributed on one plane for three regions where the earthquakes occur in small and isolated area. And the plane corresponds to one of the two nodal planes of the focal mechanism for the earthquakes in the region. It may suggest that the earthquakes are caused by the relative motion between two sides of the plane.

§ 1. はじめに

日本付近の深発地震の発震機構に対するこれまでの研究は、最大主圧力軸 (P 軸) の方向がかなり広範囲にわたり規則的な分布を示すのにたいし、最小主圧力軸 (T 軸) の方向が P 軸のような広範囲な規則性をみせず地域ごとに複雑な変化を示すことを明らかにした [HONDA *et al.* (1967), ICHIKAWA (1971) 等]. そしてプレート仮説に基づく、「重力により沈みこむプレート内での stress guide」の考え方がそうした現象を説明するものとして広く展開されている [ISACKS and MOLNAR (1971) 等]. しかし、P 軸の規則性の内容にたちいつてみると、島弧全体の走向や深発地震面の傾斜方向、そして推定されている「プレート」の進行方向などが P 軸の方向とどのように関係しているのかあまり明確でない。また T 軸の方向がどのような要因と関係しているかもわかっていない。

こうした問題を解明するためには、発震機構の地域的な変化をより明確に把握する必要がある。日本付近の深発地震には、震源分布の不連続性がみられるので、この性質に基づいて発震機構の地域的な変化を調べる。伊藤・安中 (1977) は、不連続性が特に顕著な中部日本について、それぞれの地震の単一の発震機構を詳しく調べている。本稿ではさらに、伊豆小笠原弧と東北日本弧の深発地震について発震機構の地域的な変化を調べ、震源分布との関係を考察する。

§ 2. データおよび解析方法

次節で示す地域分けに基づき、各地域について 1931 年から 1974 年までの比較的大きな深発地震の発震機構を調べた。1963 年以前の地震は I.S.S., それ以後の地震は I.S.C. の決定した震源を用い、P 波初動方向をウルフネット下半球に投影することにより作図的に発震機構を決定した。P 波初動方向は I.S.C., I.S.S., J.M.A. のブリティンに報告されている結果を用いた。またこれまでの研究で個々の発震機構が図示されていて十分に精度よく決まっている地震についてはそれらの解を採用した。

発震機構の決定精度には種々の要因が関係し単純でない。本稿ではかなり明確に決定されるもののみを解として採用したが、2 つの節面がほとんど動かせない場合を A のランク、2 つの節面がすこしは動くが 3 つの主応力軸の配置に極端な変化が生じない場合を B のランクと区別した。

Fig. 1. Epicenter distribution of deep and intermediate earthquakes ($m_b(\text{ISC}) \geq 4.5$) which occurred from January 1964 to June 1974 in the the Izu-Bonin and the Northeastern Japan arcs. Earthquake parameters are taken from the Bulletines of ISC. On the map divided regions are represented. Dashed lines show the contours of focal depth.

全部で 152 個の地震を解析し, 74 個の地震について発震機構を決定した. Table 1 に全体の結果をまとめて示し, Fig. 2 に決定した発震機構の例を示した.

§ 3. 地震の地域分け

Fig. 1 は、伊豆小笠原弧から東北日本弧にかけて発生した深発地震のうち、I.S.C. により深さが 200 km 以上、 m_b が 4.5 以上に決定された、1964 年 1 月から 1974 年 6 月までの期間の地震の震央分布図である。今回調べた地域とその地域分け、伊藤・安中 (1977) の調べ

Table 1. Focal mechanism solutions of deep and intermediate earthquakes which occurred in the Izu-Bonin and the Northeastern Japan arcs

NO.	DATE AND TIME			EPICENTER				H	M	PLANE1	PLANE2	P	T	Q	REF.
	H	M	S	D	S	D	S	KM		DD	DD	AZ	PL	AZ	PL
IZU-BONIN(1)															
1102	1955	MAY.14	15	4	17.	27	36	139	54	477	6.7*	59	66	188	36
1103	1956	NOV.29	18	15	31.	27	4	141	11	477	*	235	46	80	47
1113	1968	OCT.08	4	20	20.8	26	17	140	42	518	6.1	210	62	94	50
1116	1970	MAY.27	21	5	8.3	27	13	140	17	406	6.0	200	66	55	28
1119	1972	NOV.13	17	11	49.3	27	56	140	8	374	5.6	241	44	102	54
1120	1973	JAN.15	18	2	59.1	27	4	140	13	487	5.6	202	70	94	50
IZU-BONIN(2)															
1203	1951	JUL.12	3	21	54.	28	6	139	54	477	7.3*	57	75	175	30
1204	1959	JUL. 1	11	27	47.	28	7	139	31	533	6.3*	22	60	292	90
1208	1965	MAR. 3	6	36	39.6	28	7	139	31	507	5.1	48	84	145	40
1209	1967	MAR.10	9	31	18.9	28	43	138	43	509	4.9	47	90	137	40
1211	1968	FEB.11	21	14	8.9	27	59	139	34	515	4.7	40	63	168	40
1212	1970	JUL. 1	12	17	26.7	28	0	139	22	530	4.6	48	62	318	90
1213	1973	FEB. 1	5	55	54.2	28	13	139	18	508	5.9	64	82	171	25
IZU-BONIN(3)															
1302	1961	FEB.11	15	12	34.	28	57	139	28	448	5.8*	261	36	157	18
1303	1962	FEB.11	11	42	39.	29	39	139	19	425	6.2*	277	90	97	0
1304	1962	DEC. 7	23	3	40.	29	13	139	23	439	6.8*	78	90	168	24
1305	1964	MAY.23	20	22	34.6	28	35	139	34	423	5.2	272	7	92	83
1306	1967	OCT.23	17	27	7.3	28	52	139	16	475	5.3	36	44	172	55
1308	1970	JUL.25	20	4	44.0	28	48	139	11	465	4.7	266	73	103	18
IZU-BONIN(4)															
1401	1932	APR. 5	4	17	.	30	30	139	6	410	6.8*	67	90	157	18
1408	1956	FEB.18	16	34	25.	30	12	138	6	477	7.3*	21	68	129	53
1410	1957	SEP.28	9	27	33.0	30	56	137	51	468	6. *	233	74	112	28
1414	1964	MAY. 7	20	11	6.3	30	35	137	50	485	5.3	25	45	160	55
1415	1964	SEP.20	23	36	7.2	30	1	138	27	471	5.1	346	70	92	54
1417	1965	APR.13	5	41	16.6	30	13	138	41	425	5.5	58	85	160	24
1419	1965	AUG.20	4	47	23.5	30	17	138	35	443	4.9	56	87	152	32
1421	1966	JUN.15	6	3	49.1	30	48	138	50	405	4.9	14	40	121	76
1422	1967	MAR. 6	13	40	17.9	30	38	137	49	486	5.1	21	60	157	40
1427	1971	MAR. 4	9	28	38.3	30	25	138	26	449	5.6	233	85	131	22
1429	1971	OCT.25	9	9	30.5	29	59	137	12	514	5.2	39	60	309	90
1432	1972	JAN.11	4	21	20.0	30	58	137	11	484	4.9	240	66	92	30
1433	1972	JUL.10	17	19	46.6	30	48	137	38	467	4.5	309	86	44	40
IZU-BONIN(5)															
1504	1966	MAR.10	13	26	21.3	32	18	137	43	397	5.3	266	80	32	16
1505	1970	SEP.19	9	44	1.7	32	29	137	50	368	5.0	89	4	269	86
1506	1971	AUG.11	22	14	16.3	32	8	137	56	388	5.2	267	86	119	4
1507	1971	AUG.19	22	34	48.0	32	30	137	23	397	4.9	90	90	180	34
1508	1971	OCT.30	23	16	23.4	32	5	137	48	391	5.5	264	88	143	4
IZU-BONIN(6)															
1602	1957	JAN.18	7	26	51.	33	8	137	35	364	6. *	274	80	96	10
1604	1964	JUN.12	3	32	19.1	33	6	137	53	341	4.8	45	64	152	59
1605	1965	MAY.14	4	23	14.9	32	58	138	14	319	4.9	274	85	23	13
1607	1967	APR. 4	18	6	1.4	33	21	137	26	353	4.9	44	65	148	63
1609	1968	FEB.28	21	8	1.8	32	57	137	51	348	5.7	270	86	35	9
1612	1972	OCT.29	16	20	39.9	33	4	137	57	345	5.3.	302	86	122	4
1613	1973	SEP.21	14	7	5.7	33	22	137	52	351	4.5	69	62	178	74
IZU-BONIN(7)															
1702	1947	FEB.18	22	30	27.	32	54	136	54	411	6.8*	279	73	144	16
1703	1958	DEC.17	17	57	15.	32	51	137	7	414	6.2*	286	60	128	32
1704	1959	MAY.20	20	26	30.	32	39	136	40	441	6.1*	122	43	235	67
1706	1963	JAN.18	12	12	7.	33	7	135	58	444	6.1*	261	64	23	44
1709	1974	FEB.22	9	36	54.3	33	10	136	53	391	5.9	277	84	121	6
IZU-BONIN INTERMEDIATE															
1804	1964	DEC.31	0	27	26.5	31	22	139	15	262	5.4	105	80	207	44
1805	1965	MAY. 1	11	16	11.9	33	29	138	58	230	4.5	91	76	207	29
1806	1965	JUL. 8	6	38	52.0	32	51	139	2	226	5.2	302	72	35	78
1810	1971	SEP.13	10	9	56.3	33	59	138	25	251	5.2	133	66	248	46

(to be continued)

NORTHEASTERN JAPAN DEEP																				
TV02	1932	NOV.13	13	43	.	43	48	136	42	300	7.2*	132	40	340	54	327	7	215	75	B
TV03	1937	APR.30	5	18	56.	45	42	137	13	370	6.5*	84	70	212	30	296	59	66	22	B
TV04	1940	JUL.10	14	49	52.	44	54	130	24	560	7.3*	314	56	189	50	340	4	77	59	B
TV07	1954	NOV.19	14	56	1.	40	48	132	0	540	6.8*	277	84	97	6	277	39	97	51	A
TV08	1957	JAN. 3	21	48	30.	43	51	130	38	593	7.3*	273	79	140	15	287	33	86	55	A II
TV09	1959	OCT.29	23	30	26.	42	50	131	8	547	6.5*	301	55	121	35	301	10	121	80	B
TV10	1960	JUL. 2	21	44	22.	41	19	131	58	522	5.6*	327	60	85	50	298	5	201	54	B
TV11	1960	OCT.08	14	53	01.	40	0	129	42	603	7.2*	294	69	76	31	237	20	157	60	B R
TV14	1964	JAN.25	1	17	46.7	38	45	129	32	557	5.3	293	86	113	4	293	41	113	49	A
TV15	1964	DEC.12	1	4	58.4	38	54	130	13	551	5.1	195	70	79	40	336	53	221	16	B
TV16	1965	AUG. 7	3	15	11.1	41	23	131	20	554	5.0	49	70	150	64	278	35	11	4	B
TV18	1966	JUN.30	17	59	49.5	43	24	132	25	476	5.0	36	64	142	62	269	40	360	0	B
TV22	1969	APR.10	23	54	3.7	42	6	131	4	547	5.2	249	82	137	20	262	31	50	50	B
TV23	1969	NOV.19	17	45	4.7	41	50	133	49	437	4.9	115	74	18	68	247	27	155	4	B
TV29	1973	MAY. 6	23	39	27.3	43	32	132	22	486	5.2	47	70	140	82	275	20	181	8	A
TV30	1973	SEP.10	16	43	32.3	42	29	131	3	552	5.8	273	81	110	10	276	36	90	54	A K
TV31	1973	SEP.29	9	44	0.3	41	56	130	59	567	6.3	276	83	96	7	276	37	96	53	A F-F
NORTHEASTERN JAPAN INTERMEDIATE																				
TA01	1953	DEC.20	18	21	.	39	54	136	24	360	5.8*	306	62	193	54	339	4	73	43	B I
TA03	1962	AUG.27	11	18	59.	40	16	137	58	270	5.4*	321	66	182	30	334	21	113	63	A
TA05	1971	MAR.30	4	21	20.3	41	10	137	39	290	4.9	309	80	129	10	309	35	129	55	B
TA06	1971	JUN.11	4	59	53.3	41	6	138	31	233	5.6	321	90	51	24	299	41	163	41	A

Origin times are given in Japanese standard time.

M; magnitude with asterisk is by KATSUMATA (1970), magnitude with no asterisk is m_b by ISC.

DD; dip direction, D; dip angle, AZ; azimuth, PL; plunge, Azimuth and dip direction are measured clockwise from north. Q; quality of solutions based on the definition of nodal planes (A; excellent, B; good)

In the last column, the reference from which the solution is taken is tabulated as follows, M; MIKUMO (1971), R; RITSEMA (1965), I; ICHIKAWA (1966), O; OIKE (1971), K-S; KATSUMATA and SYKES (1969), H; HIRASAWA (1966), K; KOYAMA (1975), F-F; FURUMOTO and FUKAO (1976).

た地域を示した。等深線は、震源の深さを正しいとしてそれにあうようになめらかにひいた。解析の対象を深さ 200 km 以上としたのは 200 km 付近で地震活動の様相が変化していると考えられるからである。

伊豆小笠原弧では深発地震面の形が大きく変化している点が特徴的である。震源分布の不連続性と深発地震面の形から共通の活動域と考えられる地域に分けた。深さ 300 km 以上の地震は Fig. 1 に示したように南から北へ IB (1)—IB (7) に分けた。IB (4) をのぞき比較的明確に分離されている。IB (4) は明確な地震の巣とその周辺の地震からなるが、深発地震面の形を考慮して1つにまとめて検討した。深さ 200~300 km の地震 (Fig. 1 の IBIM) は、後に示すように 300 km 以上の深さの地震とやや性質がことなり、また数もすくないので全体として1つにした。

東北日本弧の深発地震活動では、日本海の中央部に地震がみられない点の特徴的である。そして秋田県西方沖の深さ 200~300 km の地震 (Fig. 1 の TA) と大陸の沿岸にそつて分布する深さ 300 km 以上の地震 (Fig. 1 の TV) に大きくあげられる。TV はさらに細かく分けることが可能であるが、大きな地震がウラジオストック付近に集中している点、そして、深発地震面の形がほとんど変化していない点を考慮して1つにまとめた。

Fig. 2. Examples of the focal mechanism solutions and the first motions of P-wave projected on the Wulff's net of lower hemisphere. Open and solid circles indicate compressional and dilatational initial motion respectively. The axis of maximum compression (P) and the axis of minimum compression (T) are represented. The numbers refer to the solutions listed in Table 1.

§ 4. 発震機構の地域的特徴

各地域ごとに、解析した地震の分布とウルフネット下半球にプロットした3つの応力軸の方

Fig. 3. (to be continued)

(c)

(d)

Fig. 3. Epicenter distribution and focal mechanisms of the earthquakes for each region in the Izu-Bonin arc. The axes of maximum compression (open circle), axes of minimum compression (solid circle) and null axes (cross) obtained from individual solutions are plotted by Wulff's net projection. Size of the symbol shows the quality of mechanism solution, large one is A and small one is B in Table. Symbols in epicenter map are the same as Fig. 1.

Fig. 4. Epicenter distribution and focal mechanisms of the earthquakes for each region in the Northeastern Japan arc. Symbols are the same as Fig. 3.

Fig. 5. Four types of the focal mechanism for the earthquakes in Group I. The axes of maximum compression for the earthquakes in Group I are dipping nearly westward in the dip angle about 35° .

向 (P 軸, ○; T 軸, ●; B 軸 (中間主圧力軸), ×) を示したのが Fig. 3 (伊豆小笠原弧), Fig. 4 (東北日本弧) である。P, T, B 軸のシンボルの大小は、発震機構の決定精度を示す A, B のランクに対応する。各地域の地震の番号は古い時代の地震から順にふつてある。

Figs. 3, 4 から各地域ごとに地震機構が比較的良好に一致していることがわかる。そしてとりわけ P 軸の方向は 2 つの島弧を通じてかなり多くの地震でほぼ一致している点 (方位角 $N 90^\circ W$, 伏角 35° の方向の周辺に集中的に分布している) が特徴的である。P 軸がその方向に分布している地震の集合を以下 Group I とよぶことにするが、Group I の地震の発震機構は T 軸の方向により Fig. 5 に示した 4 つの型に大きく分けて考えることができる。R 型は深発地震面に対しほ

ぼ reverse fault な型, S 型は深発地震面に対しほぼ strike slip な型, M 型と M' 型は R 型と S 型の間接的な型である。以上の基本的な発震機構の分類に基づいて各地域の特徴を

検討する。

I. 伊豆小笠原弧

IB (1) (Fig. 3(a)) は深発地震面が深さ 400~500 km にかけてほぼ垂直にたっている。発震機構は、P 軸が北西方向に鉛直的に傾斜し、T 軸はほぼ水平で深発地震面に直交しており、前記の Group I の中にはふくまれない。発震機構を明確に決定できなかつたこの地域の他の地震の初動分布もほとんどがこの発震機構で説明できる。この地域で特徴的なのは、発震機構から決められた南西方向へ傾斜する節面が深発地震面にはほぼ対応し、深発地震面を断層面と考えることができる点である。特に 27°N から 27.5°N 付近に集中する震源はそのような可能性を想像させる。

IB (2) (Fig. 3(a)) はこれより北の地域で急速に深発地震面の傾斜がゆるくなり始める所で深さ 500 km 以上の地震がおきている。この地域の地震は Group I にふくまれ、M 型と M'-S 型 (M' 型と S 型の中間的な型) の発震機構がみられたが、数は M 型の方が圧倒的に多い。M'-S 型を示す地震のマグニチュードは比較的小さい。

IB (3) (Fig. 3(a)) は、IB (2) にくらべ深発地震面の傾斜の変化は小さく深さ 400~470 km の地震がおきている。Group I にふくまれ、R 型と S 型の発震機構がみられるが R 型を示す地震の方が圧倒的に多い。

IB (4) (Fig. 3(b)) は深発地震面の形が複雑に変化しており発震機構の性質も単純でない。Group I にふくまれる地震が大部分であるが番号 29 の地震のようにいわゆる down dip extension 型を示すものや、番号 15 の地震のようにかなり P 軸が南の方向にかたよるものがみられる。Group I の中では、S 型、M 型、M' 型がみられるが R 型の発震機構はみられない。

Fig. 3(b) の四角で囲んだ地震は、決められた発震機構がすべて M 型で、他の発震機構を調べた地震の初動分布も M 型でよく説明できる。発震機構が特によく一致しているだけでなく震源も北西-南東走向の分布を示している。北西-南東走向の垂直な節面とこの震源分布の対応から、1 つの断層面上で地震がおきていることが考えられる。

IB(5), IB(6), IB(7) (Fig. 3(c)) はそれぞれ相互に分離した 3 つの地震の巣をつくっているようにみえる。IB (7) のなかの深い地震で P 軸がかなり水平に近くなっている以外では、これら 3 つの地域の地震はほぼ Group I にふくまれている。IB(5) では R 型、IB (6) では R 型と S 型、IB (7) では R 型の発震機構がみられる。IB (5) は、他の調べた地震の初動分布も R 型で説明できかつ震源の深さが比較的一定であるので IB (1) や IB (4) の所でのべたと同様に、水平な節面と震源分布の対応が考えられる。IB (6) では 2 つの型が存在するが R

型の方が多くみられ S 型の地震のマグニチュードは比較的小さい。

IB IM (Fig. 3(d)) は地震の大部分が 31°N より北側におきている。P 軸が北西方向にかなり大きく傾斜し、T 軸がほぼ水平で深発地震面に直交しており、前述の IB (1) の発震機構によくにている。Group I にはふくまれない。番号 6 の地震は、他と比べて P 軸と B 軸がいれかわった形になっている。

II. 東北日本弧

TV (Fig. 4) の発震機構は大きく 2 つに分けることができる。1 つは Group I にふくまれるものであり、他の 1 つは Group I にふくまれず P 軸が北西方向に傾斜するものである。前者はさらに R 型と S 型の 2 つに分かれるが R 型を示す方が多い。後者は P 軸が水平に近く T 軸が深発地震面に直交する地震が大部分であるが番号 15 のように P 軸がかなり傾斜し T 軸が水平な地震もみられる。これらの分布の傾向はあまり明確でないが、 131°E 付近に南北にならぶ地震に R 型、その周辺に S 型が多い傾向がみられる。時間的にみて、Group I にふくまれない地震が比較的古い時代に多く、それといれかわるように S 型の地震が比較的新しい時代に多い現象がみられる。これが事実を反映しているのかあるいはみかけ上のものかはさらに検討する必要があるが興味ある問題である。

TA (Fig. 4) の発震機構は、P 軸が北西方向に傾斜し T 軸が深発地震面にほぼ直交しており、Group I にはふくまれない。Group I にふくまれず P 軸が北西方向に傾斜している所 (TV の 1 部, TA, IB (1), IBIM) で、T 軸が共通して深発地震面にほぼ直交しているのが特徴的である。

§ 5. 結果と考察

伊藤・安中 (1977) につづき伊豆小笠原弧と東北日本弧の深発地震 (深さ 200 km 以上) の発震機構の地域的変化を調べた。震源分布の不連続性に基づく地域分けをおこない、各地域の発震機構を解析した結果次の諸点が明らかになった。

(1) 各地域の発震機構は少数の卓越する型にまとめることができる。

(2) 深さ 300 km 以上の地震が発生する地域の大部分では、P 軸の方向がほぼ一致しており (方位角 $\text{N } 90^\circ \text{W}$, 伏角 35° の方向)、深発地震面の形の変化にあまり関係していない。

(3) P 軸がほぼ一致する Group I の地震では T 軸の方向により発震機構の型がかわるが、大きく R 型の多い地域 (IB (3), IB (5), IB (6), IB (7), TV) と M 型の多い地域 (IB (2), IB (4)) にわかれ、前者の地域では S 型の併存する場合が多く、後者では M' 型と S 型が併存する。

(4) 深さ 200~300 km の地震がおこる IB IM と TA, 深さ 300 km 以上の地震がおこる TV の 1 部と IB (1) の地域では P 軸が Group I の一致した方向からはずれ北西方向に傾斜している. これらの T 軸は深発地震面に対しほぼ直交している.

(5) 震源の集中したいくつかの地震の巣で, 発震機構の特により一致とともに, 節面の 1 つと震源分布の形により対応がみられる.

以上の結果に関連していくつかの問題の予備的な考察をおこなう. 第 1 は P 軸の方向を規定する要因の問題である. 深発地震面の傾斜方向に P 軸の方向が一致しない点は伊豆小笠原弧の場合から明確になった. P 軸の方位角には, Group I の西方向と, Group I にふくまれない場合の北西方向の 2 つの傾向がみられる. 前者は大局的にみて島弧全体の走向に直交した方向と考えられる. 後者は, いわゆる太平洋プレートの進行方向に近いと考えられる. P 軸の方位角が何故 2 つの傾向にわかれるかは今のところわからない.

第 2 の問題は T 軸と深発地震面の形との関係である. R 型の多い地域は, 深発地震面の形の変化がゆるやかで等深線の走向が南北に近い. 一方 M 型の多い地域は, 深発地震面の形の変化が急激で等深線の走向が南東北西に近い. R 型には S 型, M 型には M' 型が併うことを考えると, T 軸は深発地震面に直交した方向かまたは深発地震面上にのついているように思われる. 深発地震面の形の変化の影響が P 軸よりむしろ T 軸に顕著なのは興味ある問題である.

第 3 の問題は, 節面と震源分布の対応についてである. このような対応が考えられる地域を指摘したが, これが大きな断層の存在を意味するかどうかはさらに検討する必要がある. また IB (1) の場合, 深発地震面そのものが断層面に対応するとなると, それを「stress guide」の考えでどのように説明するかが問題になる (一般に「stress guide」の考えからは断層面と深発地震面が 45° の角度をなす). これらの問題についてより詳しく議論するためには AOKI (1974) が高山付近の深発地震についておこなったように震源の相対位置を精度よく決める必要があると思われる.

謝 辞

本研究に際し, 種々の助言をいただき, 原稿に眼を通していただいた阿武山地震観測所の伊藤潔氏に感謝します. 解析には京都大学地震予知観測地域センターの計算機 FACOM-U 200 を使用しました.

文 献

- AOKI, H., 1974, Plate Tectonics of Arc-Junction at Central Japan, J. Phys. Earth, **22**, 141-161.
FURUMOTO, M. and Y. FUKAO, 1976, Seismic Moment of Great Deep Shocks, Phys. Earth Planet, Inter., **11**, 352-357.

- HIRASAWA, T., 1966, A Least Squares Method for the Focal Mechanism Determinations from S Wave Data; Part 2 Applied Examples and Statistical Discussion, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **44**, 919-938.
- HONDA, H., A. MASATSUKA, and M. ICHIKAWA, 1967, On the Mechanism of Earthquakes and Stresses Producing Them in Japan and Its Vicinity (Third Paper), *Geophys. Mag.*, **33**, 271-279.
- ICHIKAWA, M., 1966, Mechanism of Earthquakes in and near Japan, 1950-1962, *Pap. Meteorol. Geophys.*, **16**, 201-229.
- ICHIKAWA, M., 1971, Reanalyses of Mechanism of Earthquakes Which Occurred in and near Japan, and Statistical Studies on the Nodal Plane Solutions Obtained, 1926-1968, *Geophys. Mag.*, **35**, 207-274.
- ISACKS, B. and P. MOLNAR, 1971, Distribution of Stresses in the Descending Lithosphere from a Global Survey of Focal Mechanism Solutions of Mantle Earthquakes, *Rev. Geophys.*, **9**, 103-174.
- 伊藤潔・安中正, 1977, 中部日本における深発地震の巣とその発震機構, *地震* **2**, **30**, 201-212.
- 勝又護, 1970, 日本列島およびその周辺におけるサイスミンテとそれに関連する諸問題, *験震時報*, **33**, 75-142.
- KATSUMATA, M. and L. R. SYKES, 1969, Seismicity and Tectonics of the Western Pacific; Izu-Mariana-Caroline and Ryukyu-Taiwan Regions, *J. Geophys. Res.*, **74**, 5923-5948.
- KOYAMA, J., 1975, Source Process of Vladivostok Deep Focus Earthquake of September 10, 1973, *Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. 5, Geophys.*, **23**, 83-101.
- MIKUMO, T., 1971, Source Process of Deep and Intermediate Earthquakes as Inferred from Long-Period P and S Waveforms 2. Deep-focus and Intermediate-depth Earthquakes around Japan, *J. Phys. Earth*, **19**, 303-320.
- OIKE, K., 1971, On the Nature of the Occurrence of Intermediate and Deep Earthquakes. 1. The World Wide Distribution of the Earthquake Generating Stress, *Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ.*, **20**, 145-182.
- RITSEMA, A. R., 1965, The Mechanism of Some Deep and Intermediate Earthquakes in the Region of Japan, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **43**, 39-52.