

## 1973年根室半島沖地震のメカニズム とそれに関連した2・3の問題\*

市川 政治\*\*・望月 英志\*\*

550. 341

### Mechanisms of the Earthquake of June 17, 1973 and its aftershocks

Masaji Ichikawa and Eishi Mochizuki

(*Seismological Division, JMA*)

Nine reliable nodal plane solutions for the earthquake of June 17, 1973 ( $M=7.4$ ) and its aftershocks are obtained by the analysis of the distribution of compressions and dilatations of  $P$  waves.

The earthquakes just occurred in the region of the seismicity gap which existed between the regions to the south off Etorofu Island (N region) and to the east off Hokkaido (S region). Mechanisms of the earthquakes which took place in the past differ slightly from the present mechanisms. More concrete, whereas the directions of the pressure and tension axes in the region N are nearly perpendicular and parallel to the trench axis which exists in the close proximity of the aftershock area and the fault type is characterized by the predominance of the reverse fault, in the region S the directions of pressure and tension axes are both nearly perpendicular to the trench axis, and earthquakes of the normal fault occur frequently.

The general tendency of the focal mechanisms for the nine events is similar to the feature in the region S. The fault type for three of nine events is the normal type, and the directions of pressure and tension axes are both nearly perpendicular to the trench axis.

One of the two nodal planes for the main shock of June 17 (plane A), which dips toward the continental side from the ocean side, harmonizes with the sinking Pacific plate. According to the study of the focal mechanism on the basis of surface waves suggests that the nodal plane corresponds to the fault plane. However, the state of the plane A for the other events is intricate. Provided the plane A of the nine events is the fault plane, the planes are not always parallel to the down-going slab of lithosphere, though their slip directions are approximately same.

On the other hand, the conjugate planes of the plane A for the nine earthquakes are nearly parallel to each other. If the conjugate planes (plane B) are supposed to be the fault plane, the distribution of the planes is systematic and they intersect obliquely to the down-going plate.

The plate tectonics suggest that a giant earthquake is produced by a slip of the plate. If this holds true, such an assumption as the present seismic activity is not generated by the slip of the plate but by the faulting of the conjugate plane of the plate seems to harmonize with an opinion that the strain energy stored in the above mentioned seismicity gap region is partly released by the present earthquake phenomenon.

#### § 1. まえがき

1973年6月17日12時55分(JST)ころ、根室半島沖に津波を伴った規模7.4の地震が発生した。この地震は

大規模地震が近々、発生する恐れありと宇津(1972)によって指摘された、いわゆる地震の空白地帯に起ったことや、地震の規模、余震域から、はたして、今回の当該地域における地震活動で、空白地帯に貯えられたエネルギーが放出され切ったかどうか疑問であるとの一部の議論などから、世間を騒がせた地震である。

\* Received May 1, 1974

\*\* 気象庁地震課

一方、千島海溝付近に発生したこの地震のメカニズムは、昨今流行のプレートテクトニクス説との関連において、調査に値する。そこで、日本ばかりでなく、外国の観測点のデータを使って、本震および6月中旬に発生した主な余震のメカニズムの解析を行なった。得られた9地震のメカニズムと、この付近に、かって発生した地震のメカニズムとを比較する。また、この付近の地震の震源分布と今回の地震の震源分布の関係についても考察を行う。

§ 2. 解析結果

気象庁の地震観測網からはずれた海域に発生した今回の地震のメカニズムは、観測点の一方方向的な分布のため、日本国内でのP波初動分布だけでは信頼できる節線を引くことは困難である。そこでUSGS (United States, Geological Survey) やソ連発行の観測資料を使用して地震のメカニズムの解析を行なった。

震央についても問題がある。すなわち、千島南部の地震に対する気象庁決定の震央は、USGSやISC (International Seismological Center) 発表の震央に比べて南にずれていることが多い。今回の地震およびその余震については、気象庁とUSGSの震央のあいだに、従来ほど顕著な差異は認められないようであるが、一応両方の震央をメカニズム解析の際に使ってみた。しかし両震央による解析結果を比較してみると、それらの間には、たいした相違がなかったため、本報告には気象庁発表の震源要素に基く結果を採用することにした。なお、メカニズムの解析は筆者の一人 (Ichikawa, 1971) のプログラムを使い、気象庁のHITAC 8800で行なった。

Fig. 1. に6月17日12時55分の本震と24日11時43分の

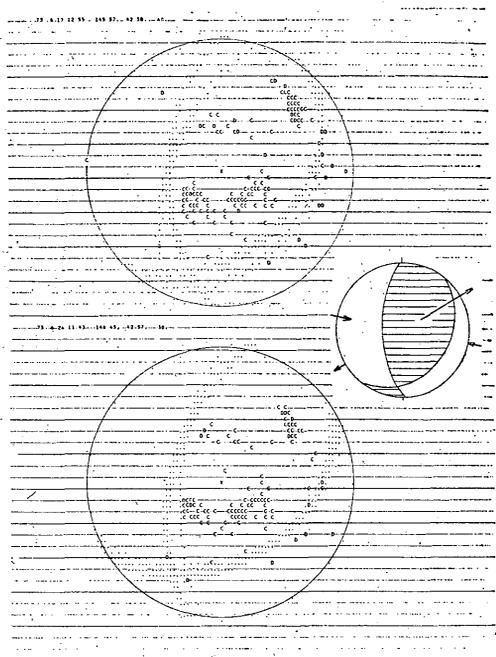


Fig. 1. Nodal plane solutions for the main shock of June 17, 1973 (the upper plot) and the largest aftershock of June 24, 1973 (the lower plot) plotted on the equal area projection of the upper hemisphere, and the mechanism diagram for the earthquakes occurring in the region to the east off Hokkaido.

C: compression, D: dilatation

余震の解析結果を示す。これは各地の観測結果を等積投影図の上半球に投影したものであり、図中のCはP波初動が押し、Dは引きであることを意味する。また点線で示した曲線は節線を表わす。図中には5組の節線が描か

Table 1. Nodal plane solutions for the main shock of June 17, 1973 and its aftershocks.

Date and time (JST)	Epicenter	H km	A		B		P		T		NA		FT	FM	No.	
			DD	D	DD	D	AZ	I	AZ	I	AZ	I				
1973 JUNE 17 12 55	145 57 42 58	40	NW	39	NW	59	NW	68	79	NW	24	NW	69	R	DS	208
1973 JUNE 19 11 54	145 59 42 41	40	20	40	264	70	305	38	59	73	161	57	N	AM	77	
1973 JUNE 20 11 10	145 55 42 28	20	357	24	244	80	268	40	46	59	150	68	N	AM	39	
1972 JUNE 22 15 7	146 31 42 37	30	75	19	255	71	75	64	255	26	165	90	R	DS	91	
1972 JUNE 24 11 43	146 45 42 57	30	28	40	257	61	56	79	304	28	152	65	R	DS	178	
1973 JUNE 24 14 7	146 34 42 44	10	357	45	246	70	37	75	290	42	139	52	R	AM	91	
1973 JUNE 27 7 32	146 38 42 41	10	130	30	238	80	80	61	208	43	333	62	R	AM	124	
1973 JUNE 27 12 42	145 54 42 25	30	80	69	341	70	31	60	121	89	212	30	N	SS	38	
1973 JUNE 29 12 26	145 53 43 5	50	62	21	242	69	62	66	242	24	332	90	R	DS	116	

A: Nodal plane A, B: Nodal plane B, P: Pressure, T: Tension, NA: Null axis DD: Dip direction, D: Dip, Az: Azimuth, I: Inclination, FT: Fault type, FM: Fault movement, No. Number of data R: Reverse, N: Normal, DS: Dip-slip, SS: Strike-slip AM: Ambiguous

れているが、これは観測点の地理的分布の関係でユニークな解が求められなかったことを示すものであり、Tab. 1にはこの5組の解の平均値に最も近い直交2節面に対応するメカニズム諸要素が与えられている。

また、Fig. 1. には今回の地震の余震域周辺で1926～1968年に発生した地震のうち、メカニズムの解析できたものから求めた平均的なメカニズム図も示されている (Ichikawa, 1971).

この3つの図の比較から、17日の本震と24日の最大余震のメカニズムは、過去の地震のメカニズムによく似ていることがわかる。

世界中の観測結果を使ってメカニズムを解析する場合、各資料を同一の重みで取扱っている筆者 (Ichikawa, 1971) のプログラムでは、どうしても遠方での多くのデータに引きつられたり、また、震央付近の地殻や上部マントル構造の地域差の影響のため、得られた節面が日本付近の観測結果を完全に満足しないことがある。このような現象を無くするためには、震央付近の観測結果に重みを置いてやればよいかも知れないが、震央付近の観測網を重視するあまりに、前に述べた震央決定における系統的な片寄りに類することが、節面の位置の決定結果に出てくるおそれもある。この場合むしろ、地殻やマントル上部構造の地域差を考慮した震央距離～射出角の表を解析の際に使用したほうが、より効果的であろう。このような観点から、近い将来、上記のプログラムを改める予定である。

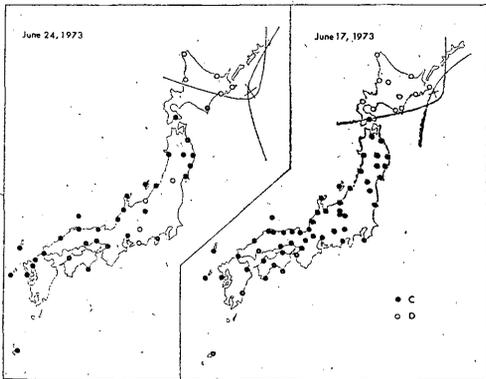


Fig. 2. Distribution of compressions and dilatations, and nodal lines of the main shock and the largest aftershock.

今回の結果に上記の現象が出ているかどうか調べるため、Tab. 1. に示した結果から日本付近の節線を描いたものが Fig. 2. である。この図からもわかるように、本震の場合の節線は日本付近の観測結果を完全に満足して

いるし、また、24日の余震の場合も観測の誤りと考えられる若干の地点を除いて、Tab. 1. の結果は日本付近の押し引き分布を良く満足させている。これは、おそらく、2地震の節面のいずれもがP波速度分布の地域差の激しい地域からはずれていることによるものと考えられる。

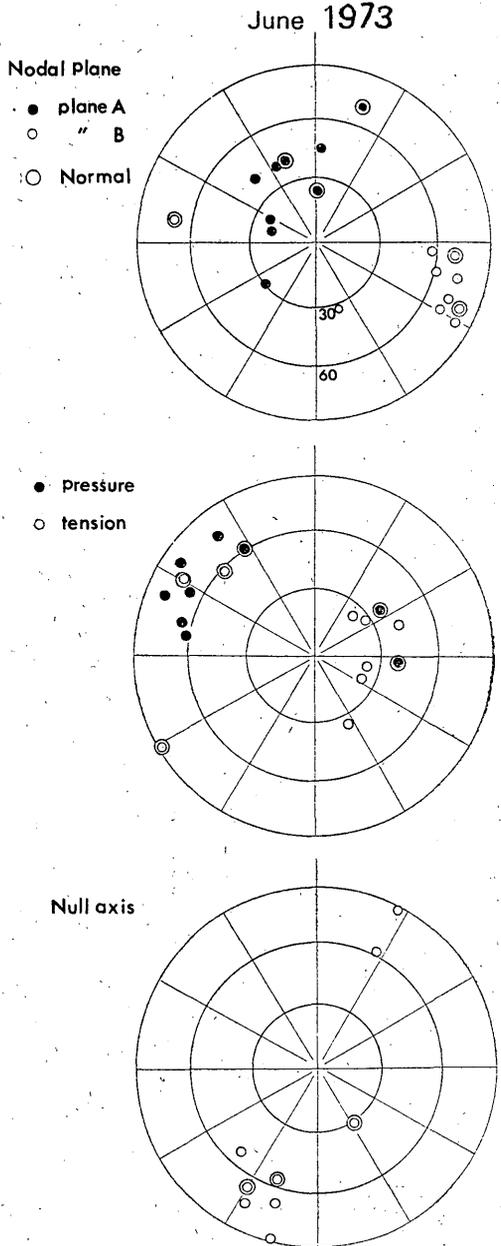


Fig. 3. Distribution of parameters of mechanism of the main shock and the its aftershocks occurring in June, 1973.

Tab. 1. に示した各地震の節面の pole, 圧力・張力, null axis の位置を図示したものが Fig. 3. である. この図を見て気の付くことは, 各地震の2枚の節面のうち, A面(図中の黒丸)の分布はB面(図中の白丸)のそれに比べて不規則であるということである. 2枚の節面のうち何れが断層面であるかは, にわかには断ずることはできないが, もし, 今回の地震の発生をプレートテクトニクス説に基づいて説明しようとするならば, 海溝側から大陸側に向かう, いわゆる, 震源面に近い状態の節面を断層面とすべきであろう. これに対応するものは Tab. 1. 中のA面 (Fig. 3. の黒丸) に相当する. 前記のように, 各地震のA面の状態相互間には, 規則性が認められない. これは, A面を断層面と仮定した場合, 各地震の断層面は, いわゆる震源面の状態とあまり良く調和しないことを示すものである.

これに対し, 若し, Tab. 1. のB面(Fig. 3. 中の白丸)を断層面と仮定すると, 各地震の断層の走向, 傾斜は比較的良く揃っていることが Fig. 3. からわかる. しかし, この面は, いわゆる震源面とほぼ共軌なものであり, Tab. 1. の各地震が, プレートの動きそのものよるとすることができなくなる.

一方, 規則的分布を示している B面の pole は, A面を断層面とした場合, slip vector を示すものでもある. B面の pole が規則的であることは, とりもなおさず, 各地震のA面を断層面とした場合, それらの走向・傾斜角などは互に不揃いであるが, 滑った方向は互に調和的であることを意味する.

表面波による17日の本震のメカニズムの解析結果によれば(島崎, 1974), A面を断層面と仮定することで世界各地の記録の説明ができるようである.

次に起震歪力の状態について述べる. Fig. 2. から明らかのように, 圧力・張力の方向は海溝軸に斜交している. それらの軸の傾斜は, 圧力の場合, 震源面の傾向に斜交するのに対し, 張力軸はこの面の傾向にどちらかと言えば平行している.

17日の本震, 24日の最大余震その他3余震は, 逆断層的なP波初動分布を示しているのに対し, 残りの3地震は正断層型であることが Tab. 1. からわかる. これら正断層型の地震が, 今回の地震の余震域の南縁に発生していることは興味深い.

§ 3. 過去の地震と今回の地震とその余震のメカニズムの比較

いわゆる地震の空白地域に発生した今回の地震のメカ

ニズムが, その周辺に, かって発生した地震のメカニズムと調和しているか否か調べてみよう.

1926年~1972年に, 当該地域に発生した地震で, メカニズムが解析できたものの諸要素を Tab. 2. に示す (Ichikawa, 1971)\*.

Tab. 1, 2の諸要素を Figs. 4, 5に図示する. ただし, Fig. 5. は前節で述べた断層型の地域性を考慮して, 地

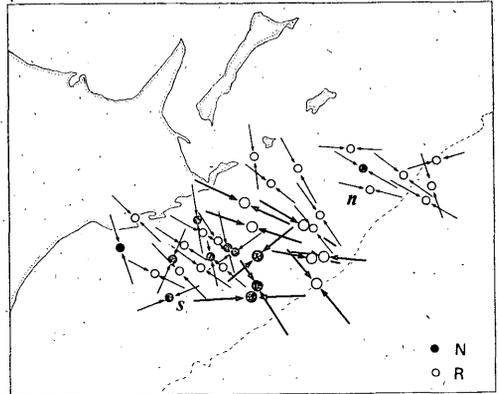


Fig. 4. Distribution of pressure axes for the present earthquake series (thick line with large circle) and those for events occurring in the past (thin line). open circle: reverse fault solid circle: normal fault n: region N, S: regions

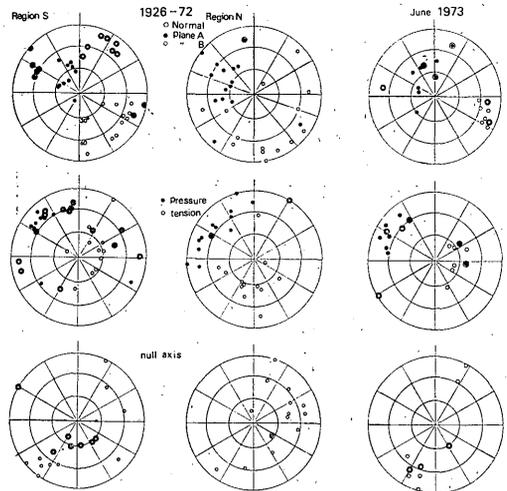


Fig. 5. Mechanism parameters for earthquakes occurring the regions N and S during the period from 1926 to 1972, and those for the main shock of June 17 and its aftershocks.

\* 1968~1972年の地震の解析結果は未発表のものである.

Table 2. Nodal plane solutions for earthquakes occurring in the past around the aftershock area of the earthquake of June 17, 1973.

Date and Time (JST)	Epicenter				H km	A		B		P		T		NA		FT	FM	No.		
						DD	D	DD	D	AZ	I	AZ	I	AZ	I					
1935 SEPT. 11 23 4	145	E	42	42	60	NW	151	10	NW	331	80	NW	151	55	NW	61	90	N	DS	50
1935 OCT. 2 14 33	146	30	43	18	80	63	30	189	70	26	68	157	31	287	69	R	AM	38		
1939 DEC. 16 19 47	147	12	43	6	100	71	30	251	60	71	75	251	15	341	90	R	DS	44		
1949 AUG. 18 3 34	145	30	42	42	80	60	60	324	80	8	62	105	77	218	32	N	SS	26		
1953 OCT. 14 23 47	144	36	42	48	90	70	60	334	80	18	62	115	77	228	32	R	SS	34		
1955 SEPT. 5 4 9	144	54	42	36	40	100	40	216	70	61	73	175	38	319	57	R	AM	30		
1957 JULY 20 23 8	145	45	42	45	100	260	89	352	59	301	68	40	69	169	31	N	SS	34		
1961 FEB. 13 6 53	147	53	43	13	80	50	60	159	60	15	90	105	45	285	45	R	SS	66		
1961 FEB. 14 1 27	147	47	42	59	60	110	30	218	80	60	61	188	43	313	62	R	AM	46		
1961 FEB. 15 19 45	147	56	43	16	60	53	49	313	79	99	71	354	53	211	43	R	SS	50		
1961 JULY 29 0 19	147	10	43	14	60	10	70	108	70	59	61	329	90	239	29	N	SS	28		
1961 AUG. 12 0 51	145	34	42	51	80	32	49	253	49	53	90	322	22	142	68	R	DS	162		
1961 AUG. 12 8 33	145	34	42	49	60	80	30	188	80	30	61	158	43	283	62	R	AM	52		
1961 AUG. 25 7 40	145	40	42	42	40	60	70	322	69	11	60	281	89	190	30	N	SS	28		
1961 OCT. 24 16 25	147	27	44	19	120	258	81	352	64	302	65	37	79	150	28	N	SS	36		
1961 DEC. 13 8 6	146	40	42	56	80	80	30	188	80	30	61	158	43	283	62	R	AM	54		
1962 JULY 18 2 20	145	10	42	38	60	41	19	221	71	41	64	221	26	131	90	R	DS	84		
1962 SEPT. 24 23 38	145	24	42	59	57	49	84	317	69	5	71	271	80	154	22	N	SS	54		
1962 NOV. 10 10 33	147	35	43	11	100	100	40	202	80	51	65	166	48	300	53	R	AM	126		
1964 MAY 31 9 40	147	3	43	26	42	120	40	236	70	81	73	195	38	339	57	R	AM	188		
1964 JUNE 23 10 26	146	11	43	10	80	100	50	190	90	48	63	153	63	280	43	V	AM	134		
1961 NOV. 15 16 17	145	34	42	39	60	19	39	241	59	43	79	288	24	138	69	R	DS	132		
1961 DEC. 24 15 50	144	29	43	5	120	65	60	245	30	245	75	65	15	335	90	R	DS	27		
1962 JAN. 9 21 40	145	21	42	39	60	19	31	249	69	52	69	282	31	150	68	R	AM	50		
1962 FEB. 21 1 5	145	13	42	46	80	21	36	259	69	57	71	298	34	157	62	R	AM	90		
1961 SEPT. 12 8 47	145	43	42	46	40	79	20	320	80	125	57	340	38	227	73	R	AM	24		
1968 JULY 25 19 50	146	44	45	36	30	40	40	156	70	1	73	115	38	259	57	R	AM	107		
1968 AUG. 7 19 0	144	46	43	1	68	13	29	239	69	44	69	269	29	142	72	R	DS	123		
1968 SEPT. 3 5 23	145	28	42	52	47	56	21	236	69	56	66	236	24	146	90	R	DS	67		
1969 AUG. 13 6 16	146	33	42	52	30	51	89	317	14	37	46	244	48	141	76	R	AM	50		
1969 SEPT. 13 20 52	147	35	43	9	47	140	80	232	80	96	90	186	76	6	14	R	SS	92		
1969 NOV. 12 21 29	145	2	42	25	39	247	75	353	45	289	47	37	72	144	49	N	AM	64		
1972 MAR. 26 7 59	146	1	43	25	43	29	39	272	70	68	72	313	38	169	58	R	AM	78		

域別となっている。この図から今回と過去の地震のメカニズムの比較を行なう。

#### i) 節面

今回の地震の余震域を挟んで、その北側と南側の地域の各地震の節面の pole 分布は明らかに異なる。すなわち、北地域の地震の節面の pole の分布を見ると、A面のほうがB面よりも良く揃っている。南地域の節面は、今回の地震群のようにB面の pole のほうが規則的であり、分布の傾向も互に良く似ている。

#### ii) 起震歪力

両地域とも圧力の方向は、海溝軸にほぼ直交、ないしは、斜交し、軸は震源面の傾斜方向にほぼ直交している。

張力の方向は、北地域が海溝軸の方向にほぼ平行であ

るのに対し、南地域では、今回の場合のように、海溝軸に斜交の傾向が強い。

起震歪力も節面の場合と同じように、南地域と今回の地震群との起震歪力の状態は調和的である。

#### iii) null axis

両地震の null axis の分布の違いは顕著である。この場合も、南地域の地震と今回の地震群も調和的である。

#### iv) 断層型

北地域の断層型は、1地震を除くすべてが逆断層的であるのに対し、南地域では約半数が正断層的な地震である。

今回、メカニズムが解析できた9地震のうち3地震が正断層であり、しかも、この3地震は南地域の北縁におこり、また、その位置は今回の地震の余震域の南縁にあ

たっている。

ある地震の震源における運動が逆断層であるか正断層的であるかは、起震歪力の圧力と張力の軸の傾斜に関係する。もし、圧力軸の傾きが張力軸のそれより大きい場合は、震源での運動は逆断層型であり、逆の場合は正断層型となる。

同じ地域に発生する地震のメカニズムは、一般に、時間の経過には殆んど関係なく、ほぼ同じである。特に圧力軸の状態は安定している。しかし圧力と張力の軸がほぼ同じような角度の傾きを持つ地震の発生している地域では、メカニズムの僅かな変化で、断層型は正から逆、また、逆から正と変りうる。前記の南地域がこのような地域ならば、断層型分布の地域性にあまり意味はない。

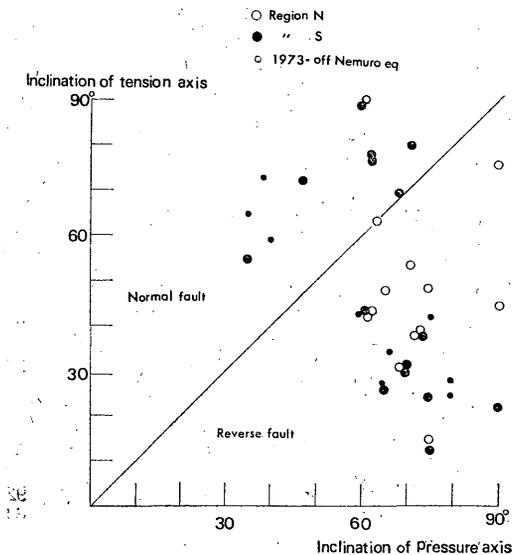


Fig. 6. Relation between inclinations of pressure and tension axes for the events given in Fig. 5.

Figs. 6. に Tab. 1, 2 から求めた各地震の圧力、張力軸の傾きの関係を示す。この図から明らかのように2地域の地震の圧力・張力軸の傾きの関係は、正、逆断層の境界線より離れた位置にある。すなわち、北地域ばかりでなく、南地域の断層型はそれぞれ安定したものであるといえる。

海溝内側、すなわち、大陸よりの浅発地震は、プレート説では、一般に、逆断層型であるとされているが、南地域に存在する正断層的な地層をどう説明したものだろうか。

広範囲に亘って見られる地震のメカニズムの規則性は島弧系の会合部で乱れることが多いが(市川, 1966, 1970) 今回の地震の余震域も、たまたま、千島弧系と本

州弧の会合部付近に当たっている。

#### §4. 地震のメカニズムと余震分布

17日の本震と24日の最大余震のメカニズムと余震域の関係について調べてみよう。1926年~1973年5月までに北海道東方沖に発生した地震の震央分布と、海溝軸にほぼ直交する3枚の垂直面上にこれらの震源を投影したも

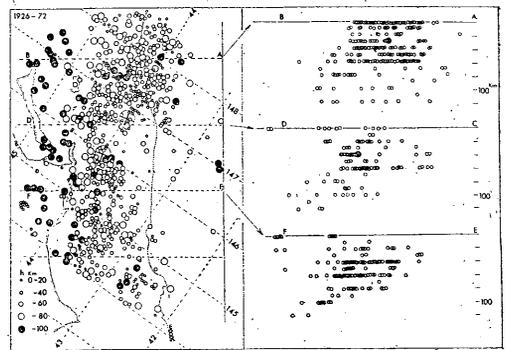


Fig. 7. Distribution of epicenters (1926-1972), and spatial distribution of hypocenters which are projected on the vertical planes (AB, CD, EF) nearly perpendicular to the trench axis.

⊗: epicenter of the main shock and of the largest aftershock.

のをFig. 7.に示す。確かに $146^{\circ}\text{E}\sim 147^{\circ}\text{E}\times 43^{\circ}\text{N}\sim 44^{\circ}\text{N}$ の区域の地表から60 km までの空間における地震活動はかつて静穏であったことがこの図からわかる。

Fig. 8. は、Fig. 7. の上に、本震発生後から7月30日までに起った地震を追加したものである。上記の空白空間は、ほぼ今回の地震で埋まったことがこの2図からわかる。§1で述べた空白地域が埋っていないのではないかと議論は、この南の地域のことである。そう言われてみると、Fig. 7. のCD断面にみられる空間と同じような空間がEF断面に認められ、これがFig. 8. で依然空白\*である。

Fig. 8. の余震分布から余震域は3群から構成されていることがわかる。Fig. 9. は本震発生から6月24日の最大余震発生直前までの余震分布と、最大余震発生から6月30日までの余震の分布を示す図である。

余震の震央分布と節線の位置が調和することがある

\* 最近地震課地震調査係で行なった1952年の十勝沖地震の余震の震源再決定の結果、余震域は上記の空白地域を埋めたとのことである。しかし、それらの震源の深さは大部分30 km 以深で、立体的にみると必ずしも空白空間を余震震源が埋めていないように見える。

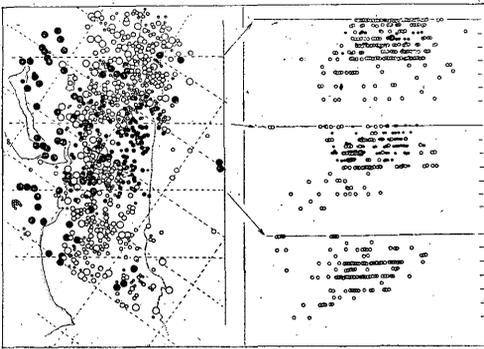


Fig. 8. Distribution of epicenters, 1926~July 1973. Small solid circles indicate locations for aftershocks of the main shock.

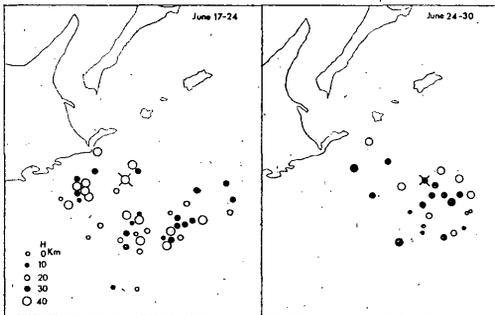


Fig. 9. Distribution of epicenters of aftershocks for the mainshock (the left plot), and for the largest aftershock (the right plot).

(三雲, 1973). 本震および24日の最大余震の余震震央分布と節線とは、系統的な関係は認めにくい。節面の位置と余震震源の分布とのあいだにも、はっきりした関係は見付からない。気象庁地震観測網から外ずれ、かつ、地震波速度分布に顕著な地域差の存在するこの地域の地震の震源決定精度が、この否定的結果の原因なのかも知れない。

## §5. むすび

1973年根室沖地震と、6月中に発生した余震のうちメカニズムの解析できた9地震のメカニズムの特長を、過去に今回の余震域周辺に発生した地震のメカニズムや、余震の空間分布などを考慮して調べた結果、次のことが

わかった。

1) 今回の地震活動をメカニズムの面からみると、その状態は千島南部(北地域)の地震とはやや様子が異なり、釧路沖(南地域)の地震の特長を示している。

2) 今回の一連の地震には正断層型と逆断層型地震が混在し、起震歪力の状態もやや不規則であるが、これは千島弧と本州弧がこの地域付近で会合していることと関係しているのではないだろうか。同じような現象は他の島弧会合部にも認められる。

3) 本震のP波2節面のうち、海溝側から大陸側に傾いている節面が断層面であるらしいことが表面波解析から推定されているが、メカニズムのわかった8余震の節面で系統的な分布をしているものは、本震で断層面と推定した節面と共軛面に対応するものである。このことは、8余震の断層面も海溝側から大陸側に傾斜する傾向のものと仮定すると、上記のように面の配列は不規則であるが、断層の運動の方向はほぼ一定であるということになる。

逆に、共軛面のほうを断層面とすると、断層面の配列は系統的となるが、プレート説とは調和しない。しかし、今回の地震活動がこの共軛面の運動によるものであるとすると、地震のモーメントその他から、はたして、17日の地震が根室半島沖の巨大地震に相当するものでないのではないかとする問題に対して都合が良いことになるかもしれない。

## 参考文献

- 市川政治 (1966): 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, 83~154.
- Ichikawa, M. (1970): Seismic Activity at the Junction of Izu-Mariana and Southwestern Honshu Arcs, Geophys. Mag; 35, 55~69.
- 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.
- Mikumo, T. (1973): Faulting Mechanism of the Gifu Earthquake of September 9, 1969, and Some Related Problems, J. Phys. Earth, 21, 191~212.
- 島崎邦彦 (1974): 1973年6月17日根室半島沖地震の発生機構, 地震学会講演予稿集, No.1, 17
- 宇津徳治 (1972): 北海道周辺における大地震の活動と根室南方沖地震について, 地震予知連絡会報, 7, 7~13.