

## 余震について2・3のこと\*

市川 政治\*\*

### Aftershocks of Some Major Earthquakes in Japan

M. Ichikawa

(Sendai District Meteorological Observatory)

The Japan Meteorological Agency (JMA) relocated hypocenters for events occurring in Japan and its vicinity from 1926 to 1960. The number of events relocated amounts to about 20,000, which is more than three times as many as that of hypocenters given in the former catalogs issued by JMA.

Based on the new data, a statistical study on aftershocks for some major earthquakes is conducted in order to compare with statistical results previously given by many seismologists. The study is made using data of major earthquakes which occurred from 1961 to 1978, too.

Main results obtained by the present study are as follows :

1) Whereas an area of aftershocks during 10 days from the occurrence of main shock whose magnitude is less than 7 harmonizes well with that predicted by Utsu-Seki's equation, an area of aftershocks whose main shock magnitude is 7 and larger is rather wider than the predicted one.

2) An area of aftershocks during 100 or 1,000 days from the occurrence of main shock which takes place under the ocean bottom is generally wider than the predicted one. The evidence may be explained by the difference in the focal mechanisms and the detection capability for events occurring under the ocean bottom and land in and near Japan.

3) In general, aftershocks occur in an elliptic area, and the main shock locates not in the central part of the area but near the margin. The aftershock area expands usually along the major axis of the elliptic area. Ratios of the area of aftershocks in 100 days from the occurrence of the main shock to the area in 1, 10 and 1,000 days are 2,  $\frac{3}{4}$  and  $\frac{1}{2}$  in the average.

4) There exists a good relationship between the direction of major axis and the azimuth of slip vector of the main shock estimated from the analysis of focal mechanism. This may make it possible to predict the major axis of elliptic area of aftershocks immediately after the occurrence of a major earthquake.

5) The aftershock activity is characterized by the  $b$  value which is evaluated from magnitude-frequency relationship. The value was obtained for 49 of 106 events used in the present study, and the mean value is 0.85. It is interesting that the individual values exhibit a remarkable regional variation. More concrete, whereas the values for events occurring under the ocean bottom is generally larger than the mean value, those for events in land are smaller than the mean value.

\* Received Aug. 1, 1982.

\*\* 仙台管区気象台

§1 まえがき

日本付近に発生した地震の余震活動についての調査・研究は、これまで多くの人々によって行われている(たとえば, Utsu (1969) 参照).

ところで, 気象庁は昭和元(1926)年から昭和35(1960)年までに日本周辺に発生した地震の震源要素再決定結果を, 最近発表している(気象庁, 1982). この表に掲載されている地震は, 4地点以上でP~Sが観測されたもののうち, 決定された震央に対する標準誤差がある基準内のものに限られている. しかし, 掲載されている地震の数は, 気象庁がすでに日本付近の主要地震の表(1926-1956), (1957-1962)に発表した地震のその3倍以上である. これは, 震央決定の精度の問題はさておき, 地震検知力の面では76型磁気テープ記録式地震計が稼動しはじめた昭和53

(1978)年直前と同じレベルにあり, 昭和元(1926)年から昭和52(1977)年までに日本付近に発生した地震は, 平均してほぼ同じような検知力を以って震源要素が求められているといえることができる(市川, 1982). 内陸の地震と海底のそれとに対応する検知力, また浅い地震と深い地震に対する検知力との間には, もちろん, 差異が存在することは言うまでもないことである.

この新しいデータが, はたしてこれまで得られている地震に関する各種統計結果と調和するか否かを調べることは, 有意義なことと考えられる. この観点から, まず, 上記のように詳細な研究調査の行なわれている余震について, 新データを使用して調べてみた(本報告は主として空間的分布についての調査結果のみを取扱う).

§2 余震域の推定

余震について明確な定義は未だに与えられていないが, ある程度までは万人が疑なくそれを余震と断じうる. しかし, 時間的・空間的な余震統計を行なう場合, その拡がりをどのあたりまでに限るかによって結果に何がしかの影響の出る心配もある. たとえば, Utsu (1961)はある大きな地震発生後, その震央周辺の地域の地震活動が著しく増加した場合, それらはこの大きな地震の余震であり, その余震活動が余震域の定常活動度と同程度になるまでは余震は追跡できるとしている. Yamakawa (1966)は, 前震・余震・群発地震は定常的地震活動からはずれた現象であるとの観点から, 統計学における異常値検出に使用されるトンプソンの検定法を地震活動時系列に適用し, これら異常活動の客観的な定義を試みている.

今回の調査では, まず本震の震央付近の過去の地震活動を知るために本震発生直前までの震央分布図を作成し, 次に本震発生後1日, 10日, 100日および1,000日間の震央分布図を作り, これら各図から余震および余震域を決めることにした.

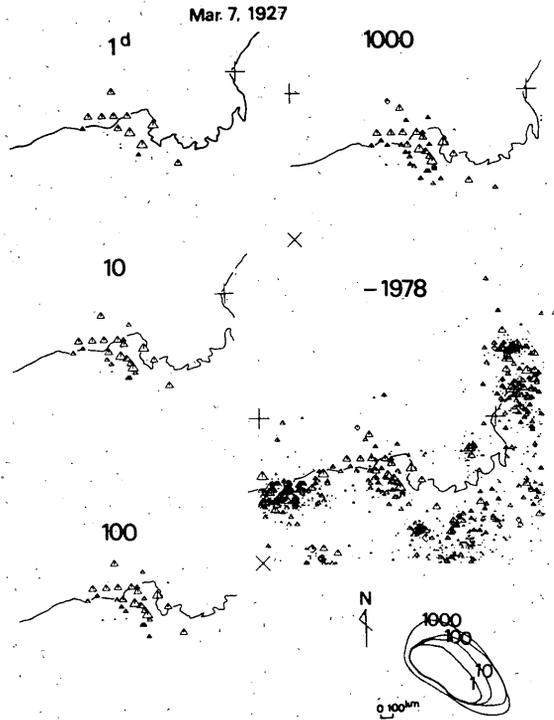


Fig. 1. Temporal and spatial distributions of aftershocks for earthquake of March 7, 1927, and seismic activity in and around the aftershock area from 1926 to 1978.

Fig.1は昭和2(1927)年3月7日の北丹後地震について, 本震から1日, 10日, 100日, 1000日後および昭和53(1978)年末までの余震活動とその周辺の地震の分布図である. 図中のマークの大きさは, 地震の期模Mに比例している. これらの図から各期間における余震域とその面積が推定できる. 同時に余震域の時間経過に伴う拡大状況や, 地震活動の空白域の存在がよくわかる.

Fig.2は昭和元(1926)年から53(1978)年までに発生した深さ100 km以浅の地震の震央分布であり, この図のなかの黒い塊りの多くは, 余震域あるいは群発地震震央域を示すものである. これらの余震域につい



Fig. 2. Distribution of epicenters occurring from 1926 to 1978.

て、その面積と  $M$  との関係、余震域の生長、本震のメカニズムとの関係などについて次に述べる。

なお、Fig. 2 のなかには、いわゆる空白域と見られるようなものが随所に認められることを付記したい。

### § 3. 余震域

常時地震活動度の低いところでは、Fig. 1 に示すように長期間に亘って余震活動を追跡することが可能であるが、太平洋岸のように地震活動度の高いところでは 1,000 日まで余震域の拡がりは追いつけないこともある。また、小さな地震の場合は、極短時間内に余震活動が終息してしまうが、一応、本震発生後 100 日までに発生した余震と考えられる震央分布から求めた、各地震の余震域を Fig. 3 に示す。図中に示された余震域の数は 101 であり、それぞれの本震の  $M$  は 5~8 の範囲のものである。

本震の震央は余震域のはじにあることが多いと言われているが、上記の大部分の地震の場合にもこの傾向は認められた。

Fig. 1 からわかるように、余震域は時間の経過と共に拡大する傾向がある。一方、本震後 1 日~数日間に発生したものに對する余震域が、津波の浪源域などと調和していることから、その期間の余震域が断層面に

相当するのではないかとされている。この断層面面積は、他の断層パラメータの推定と密接に関係する基本的な量でもある。そこで、各地震について、本震発生後 1 日、10 日、100 日および 1,000 日における余震域面積を測定し、従来の統計結果との比較を行なう。

Fig. 4 は上記各期の余震域面積  $S$  と  $M$  との関係を示したものである(同図中の右下の図は、本震のメカニズムと余震との関係を示すもので、これについては § 4 で述べる)。図中の黒丸は海底下に、また白丸は内陸にそれぞれ発生した地震に對するものである。

この図から i) 本震の  $M$  が 7 以下の場合、発生後 1~10 日までの結果は、宇津・関の式 (1955)  $\log S = 1.02M - 4.01$  と調和する。ii)  $M > 7$  の海底下の地震の場合、1 日以内の余震域面積は上式と調和するが、10 日までの余震域面積は上式から期待される値よりも広い。また、iii)  $M > 7\frac{1}{2}$  の地震について、本震発生から 100 日、1,000 日までの余震域面積は、全体的に、上式から期待される値よりもかなり広がっている。

本震後 100 日までに発生した余震の余震域面積を基準にとるとき、1 日、10 日および 1,000 日以内のそれとは、平均してそれぞれ  $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{3}{4}$  および  $\frac{4}{3}$  くらいである。

個々の地震について、本震後 100 日までに発生した

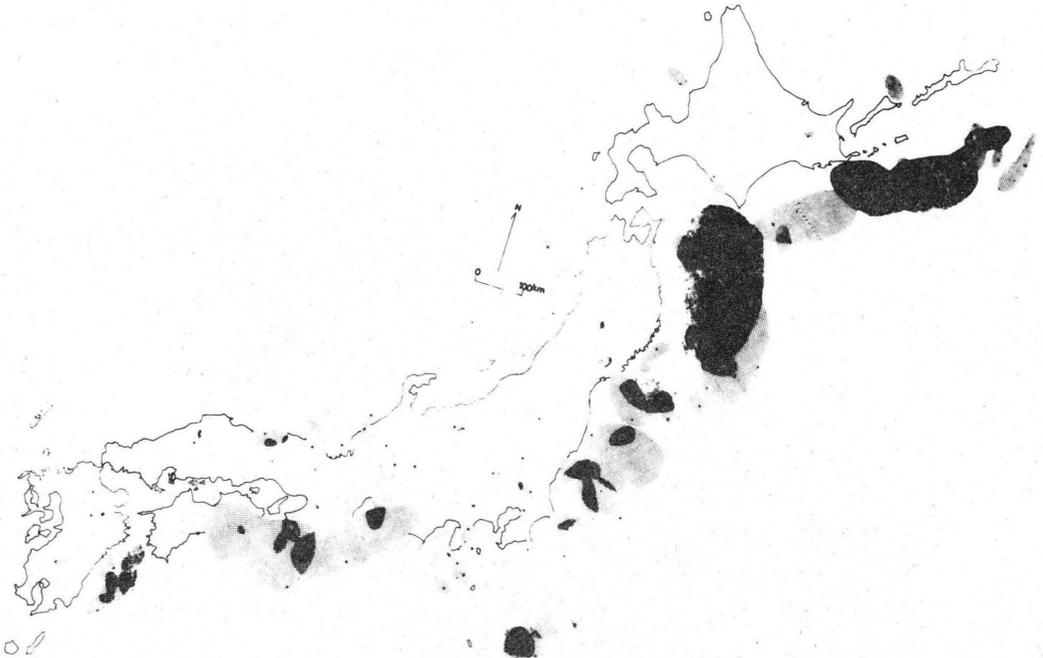


Fig.3. Distribution of aftershock regions

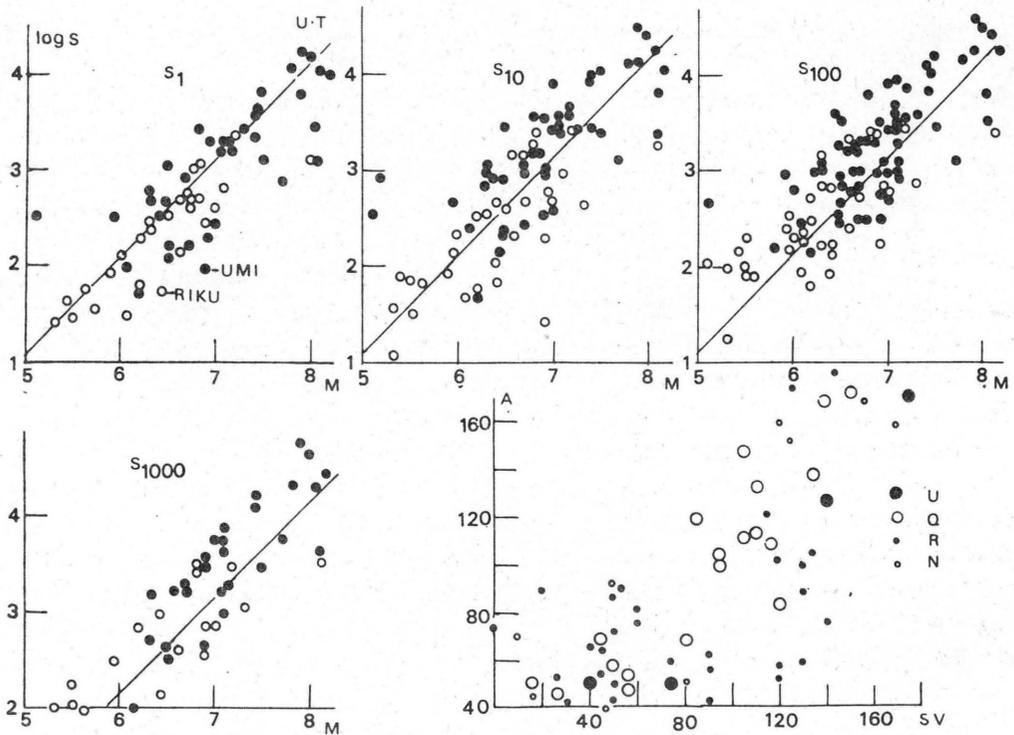


Fig.4. Magnitude vs. area of aftershock region for various time intervals, and directions of major axis of aftershock regions and mechanisms of main shocks.

•, ○ : event which occurred under the Ocean bottom and in land. Q : Quadrent type, R : Reversefault, N : Normalfault, U : Undetermined

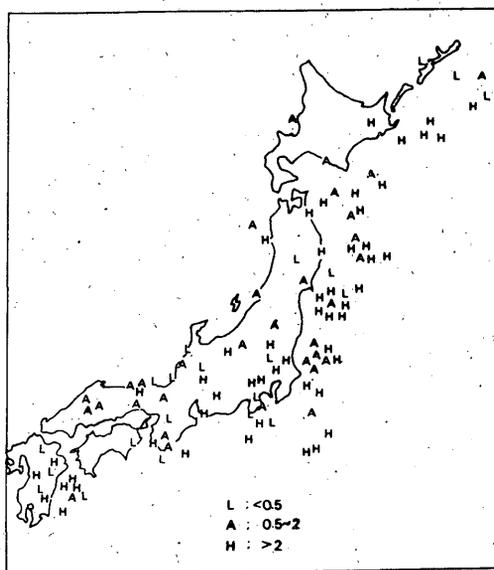


Fig.5. Distribution of ratios  $r$  for areas observed and predicted from Utsu-Seki's relation between magnitude of main shock and area of aftershock region. L:  $r < 0.5$ , A:  $0.5 \leq r \leq 2.0$ , H:  $r > 2.0$

余震の余震域面積と宇津・関の式から期待される値と比べ、その比が  $\frac{1}{2}$  未満のときはL,  $\frac{1}{2} \sim 2$  のときはA, 2より大きいときはHとして図示したものがFig.5である。この図から、2倍より大きな地震は大部分が海底下に、また  $\frac{1}{2}$  未満のもの大部分は内陸の地震であることがわかる。

海底下に発生した地震の余震域面積が内陸のそれよりも、同じMでも広い傾向があるが、これがメカニズムに関係するものなのか、また、震源決定精度と検知力の差によるものかは、にはわかには断ずることはできないが、海の地震のメカニズムは dip-slip 型、陸の極浅発地震は strike-slip 型が多いこと (Ichikawa, 1971, 1980) や、震源決定精度や検知能力は陸の地震に対するほうが良いことなどを考えると上記の現象は両方の原因が重なり合った結果によるものと考えたほうが妥当である。

#### § 4. 余震域と本震のメカニズム

余震の分布と本震のメカニズムとの間に関係があることは、すでに多くの人々 (たとえば Yamakawa (1972)) によって指摘されている。今回調べた多くの地震の余震の分布の変化状況を時間を追って見てみる

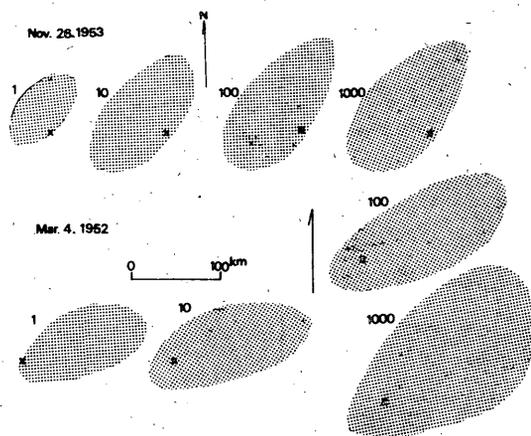


Fig.6. Distribution of aftershocks which occurred after 1, 10, 100 and 1000 days from main shocks of Tokachi-oki, 1952, and of Boso-oki, 1953.

と、余震域の形は多くの場合、長円形であり、その生長の方向は長円形の主軸の方向に延びて行く傾向が認められる (Fig.6は1952年の十勝沖地震および1953年の房総半島沖地震の際の余震域拡大状況を示す図である)。

地震は断層運動に起因するものとするならば、余震発生はこの断層と密接な関係があるはずである。そこで、余震活動を伴ない、かつ、本震のメカニズムの解析できた地震 (Ichikawa, 1971, 1980, Seismological Division, 1976 ~ 1978) について、余震域と本震のメカニズムの関係を比較するため、震源球上半部のP波節面をステレオ等積投影図で示したものと余震域をFig.7に示した。この図には各地震の断層型断層運動型も示してある。すなわち、図中のNおよびRはそれぞれ正および逆断層型を、QおよびVは正あるいは逆断層かは不明であるが、2節面が共に地表に垂直であるか、又は2節面のうちの1枚が地表に垂直である場合を示す。また、N, R, Q又はVに続くS, D又はAの文字は、その断層運動型が strike-slip, dip-slip 又はDともSとも決めかねる場合を示すものである。

これらの図から、ほとんどの地震の余震域の長軸の方向は、strike-slip 型の場合は2枚の節面のうちのいずれか1つ (これが断層面になるのであろう) の走向と調和し、dip-slip 型の場合は2枚の節面のいずれか1枚には直角の方向と調和していることがわかる。これは、余震域の長軸の方向が slip

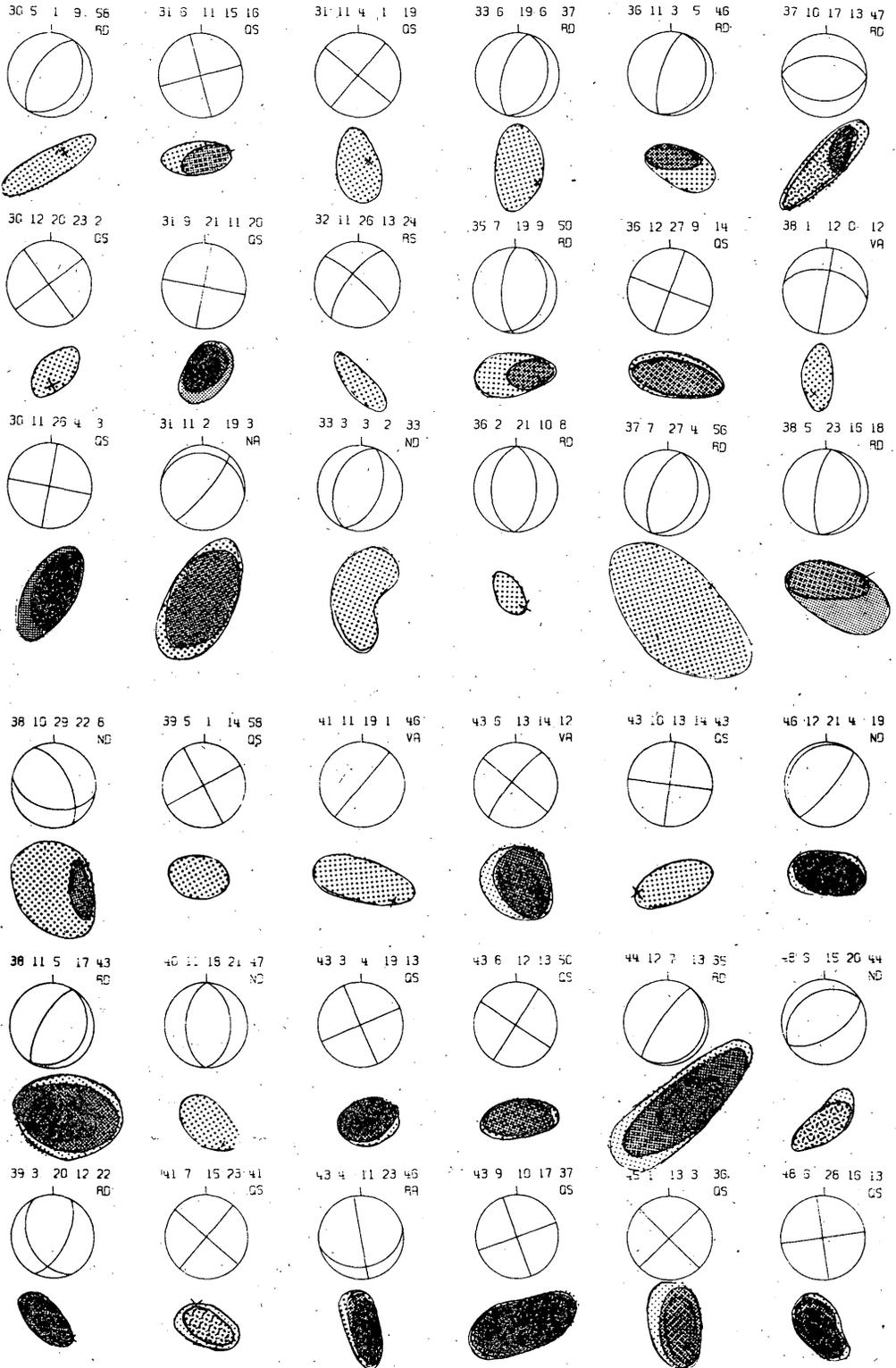
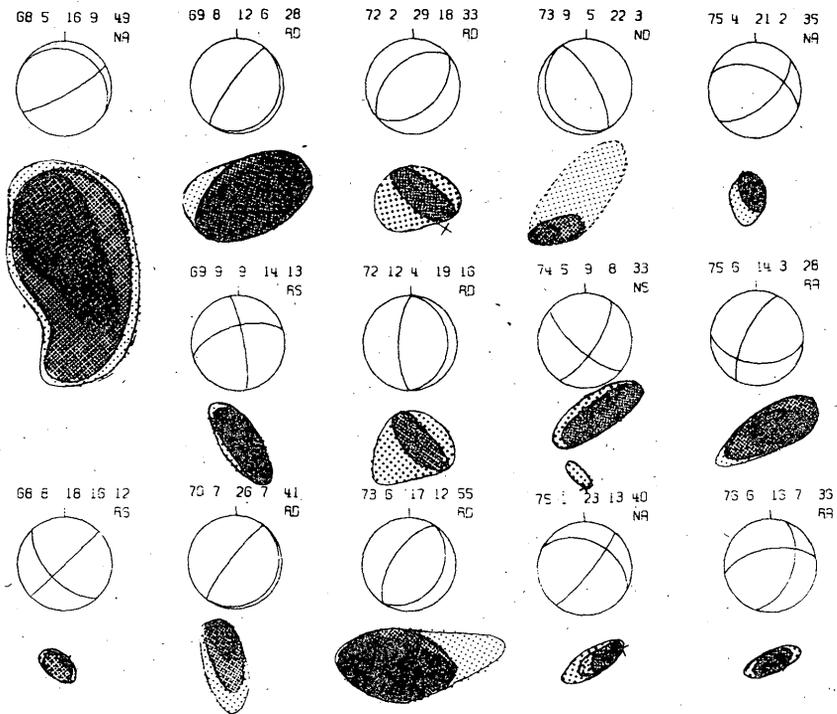
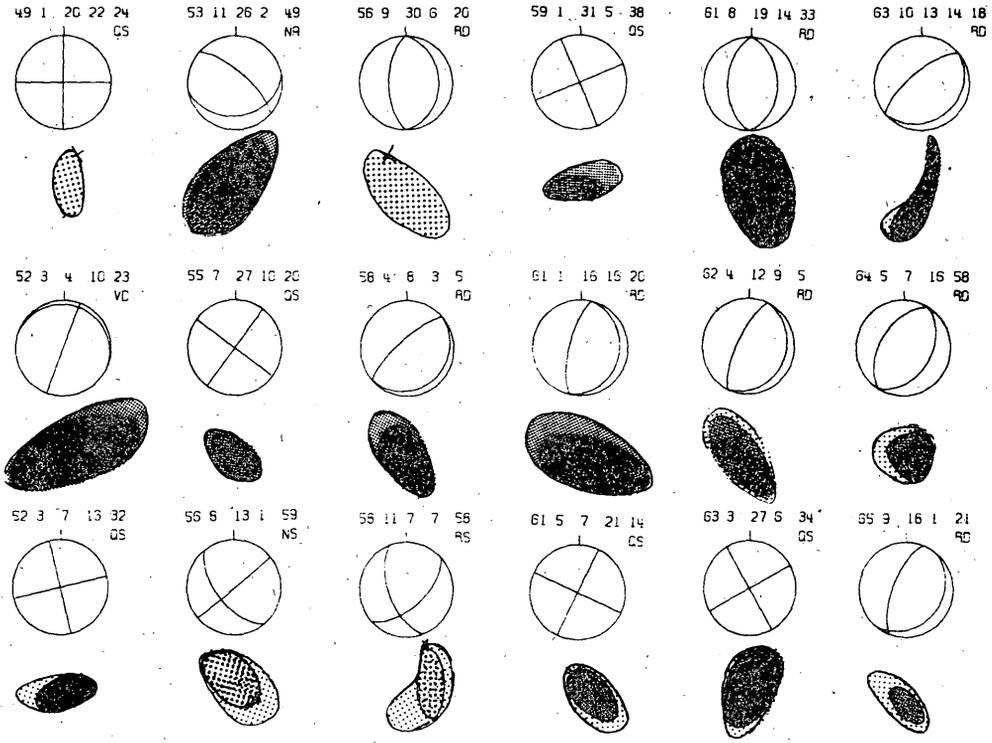


Fig. 7. Aftershock region and focal mechanism of main shock.

余震について 2・3 のこと - 市川



-vectorの方向と密接に関係していることを示唆している。いかえれば、余震は、断層が発生した方向に発生する傾向があると言える。発生した断層により、その断層近傍に新たに歪力が発生し、この解放が余震であるという考え方で上記の現象は説明できよう。とにかく、§2のFig.4中の右下の図は、Fig.7をまとめたもので、縦軸は余震域の長軸の方向を、また横軸は本震の slip-vector の方向（余震域の形などから2枚の節面のうちの1つを断層面として選び出した）をとってある。

前記のように本震の震央位置は、余震域のはじにあることが多いが、なかにはそのほぼ中央にあるものもある。前者は unilateral 的な、また後者は、 bilateral 的な断層運動によるとすれば余震域と本震の震央位置との関係の説明ができるが、となると日本付近の地殻直下あるいはマントル上部の地震の多くは unilateral 的な断層運動によることになってしまい、この考えには、筆者自身、抵抗を感じる。

### §5 余震活動と $b$ 値

余震活動を特長づけるパラメータの1つに、いわゆる  $b$  値がある。今回余震域の調査に使用したデータを使って、各地震群について  $b$  値を求めた。

$b$  値計算に先だて、まず、 $M$ -積算度数分布図を作成し、この図から直線性が保たれている最大、最小

の  $M$  を決め、この範囲のデータを最小自乗処理し  $b$  値を求めた。このようにして求めた  $b$  値の平均は  $0.85 \pm 0.209$  である。

各地震群のうち、 $b$  値が  $0.65 \sim 1.05$  のものを A、 $0.65$  未満のものを L、 $1.05$  より大なるものを H として図示したものが Fig.8 である。海底下の地震群の場合は平均値以上のものが卓越しているのに対し、内陸の地震群の場合はその反対であることがこの図からわかる。データ数が不十分なので結論的なことは言えないが、この分布に地域差があるように見える。

内陸の地震に対する検知力は、海底下のそれよりも高いと考えられるので、前者に対してはより小さな余震震央も決定できるはずであるから  $b$  値は前者のほうが後者より大きくなると考えられるが、今回の結果は逆である。どのように解釈すべきであろうか。

最後に  $b$  値も含め、今回調査した地震群についての諸パラメータを Tab.1 に示す。

### §6 むすび

1926年〜1978年のあいだに日本とその周辺に発生した地震について余震活動を調べ、約100の事象から次のことがわかった。

1) 本震発生後10日までの余震域の面積は  $M < 7$  の場合、宇津・関の式から予想される値と調和するが、 $M \geq 7$  となると今回得られた結果のほうが広がっている。

2) 100日あるいは1,000日くらいまでに発生した余震の発生域の面積、特に海の地震の場合は予想値よりかなり広がっている。これは海底下の地震のメカニズムが dip-slip 型のものが多く、断層面の傾きが内陸の strike-slip 型地震の断層面のそれよりもゆるやかであるため、断層面の周辺に発生するであろう余震の震源の地表面への投影としての余震域は、後者の場合よりも広くなり得ることと、観測網から離れた海底下の地震に対する震源決定精度の低さによる余震域のぼけに起因する余震域面積の過大評価とが重なり合ったためと解釈したらどうであろうか。

3) 余震の分布は一般に長円形を示し、本震は余震域のはじにある場合が多い。また、この余震域は時間の経過とともに拡大し、その拡大の方向は長円の長軸方向とは一致している。本震発生後1日、10日および1,000日までの余震域面積と100日までのそれとの比は、平均してそれぞれ  $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{3}{4}$  および  $\frac{1}{3}$  である。

4) 余震域の長軸方向、あるいは余震域生長の方向は P 波初動分布から推定される slip-vector のうちの1つと良い調和を示している。これは本震発生直後の

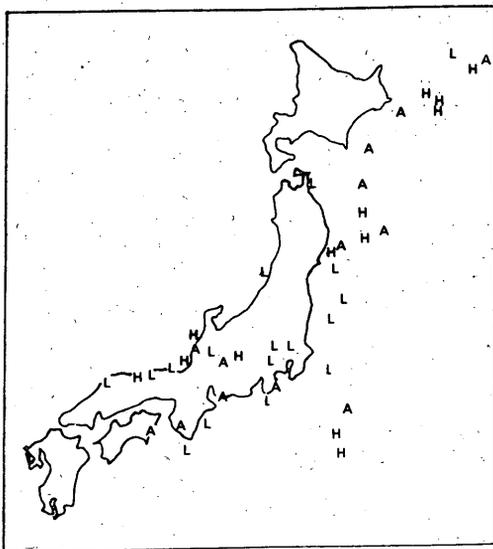


Fig. 8 Distribution of  $b$  values for some aftershock sequences. L:  $b < 0.65$ , A:  $0.65 \leq b \leq 1.05$ , H:  $b > 1.05$ .

Tab. 1. Parameters for main shocks, areas of aftershock regions for various intervals from 1, 10, 100, and 1,000 days after the occurrence of the main shock, focal parameters of main shocks, and  $b$  values for aftershock activities.

year	Occurrence time(JST)				long.(E)		lat.(N)		$H$ km	$M$	$S_1$ km <sup>2</sup>	$S_{10}$ km <sup>2</sup>	$S_{100}$ km <sup>2</sup>	$S_{1000}$ km <sup>2</sup>	plane A		plane B		FT	FM	L/O	$b$	
	mon.	day	hour	min.	°	'	°	'							d-d	dip	d-d	dip					
1927	3	7	18	27	135	09	35	32	00	7.3	1,200	1,800	2,500	3,400							L	0.69	
1928	5	27	18	50	143	15	39	57	40	7.0		8,200	8,200									O	
1929	3	28	01	32	140	28	35	02	00	5.2		900										O	
1930	5	1	09	58	141	09	35	45	00	6.6			650		58	30	238	60	R	D	O		
1930	11	26	04	03	139	03	35	05	00	7.3		480	700	1,100	81	90	171	90	Q	S	L		
1930	12	20	23	02	132	37	34	49	30	6.8			180		38	90	128	90	Q	S	L		
1931	3	9	12	49	142	30	41	12	00	7.1			2,000									O	
1931	6	11	15	16	138	57	35	31	00	5.9		150	230		15	90	105	90	Q	S	L		
1931	9	21	11	20	139	14	36	09	00	6.9	280	450	650	700	80	90	170	90	Q	S	L	0.77	
1931	11	2	19	03	132	28	32	15	40	7.1			3,400	4,500	50	80	169	20	N	A	O		
1931	11	4	01	19	141	52	39	32	00	6.5			730		50	90	140	90	Q	S	O		
1932	11	26	13	24	142	28	42	25	20	7.0			950		140	80	234	70	R	S	O		
1933	3	30	02	33	144	31	39	14	10	8.1	11,000	19,000	25,000		70	50	250	40	N	D	O	0.86	
1933	6	19	06	37	142	30	38	05	00	7.1			950		75	29	255	61	R	D	O		
1935	7	19	09	50	141	23	36	38	00	6.9		1,200	1,200	3,100	71	27	268	64	R	D	O		
1936	2	21	10	08	135	43	34	35	00	6.4			130		88	49	268	41	R	D	L		
1936	3	2	12	19	144	35	41	35	60	6.8	550	1,600	1,900									O	
1936	11	3	05	46	142	08	38	09	40	7.7			1,300	6,200	74	19	254	71	R	D	O		
1936	12	27	09	14	139	02	34	25	00	6.3	630	1,000	1,000		69	90	159	90	Q	S	O		
1937	1	27	16	04	130	49	32	44	30	5.1			100									L	
1937	7	27	04	56	142	03	38	17	40	7.1			8,000	8,000	71	30	251	60	R	D	O		
1937	10	17	13	47	141	02	35	36	10	6.6	480	1,500	2,100		1	39	181	51	R	D	L		
1938	1	12	00	12	135	08	33	40	80	6.7			1,000		170	50	260	90	V	A	O		
1938	5	23	16	18	141	35	36	39	00	7.0		2,600	2,600	5,700	82	20	262	70	R	D	O	0.65	
1938	10	29	22	08	141	09	35	38				150	4,200		117	59	349	44	N	D	O		

d-d: dip direction (counterclockwise from the north), FT: fault type (refer to Fig. 4),

FM: faulting type (D dip-slip, S strike-slip, A ambiguous)

L/O: earthquakes which occurred in land and under the ocean bottom.

year	Occurrence time(JST)				long.(E)		lat.(N)		H	M	S <sub>1</sub>	S <sub>10</sub>	S <sub>100</sub>	S <sub>1000</sub>	plane A		plane B		FT	FM	L/O	b	
	mon.	day	hour	min.	°	'	°	'							d-d	dip	d-d	dip					
1938	11	05	17	43	142	11	37	20	30	7.5	7,000	14,000	18,000		61	21	241	69	R	D	O	0.66	
1939	3	20	12	22	131	58	32	17	20	6.5	350	450	530		64	62	296	41	R	D	O		
1939	5	1	14	58	139	31	40	08	00	6.8		10,000	10,000	10,000	29	90	119	90	Q	S	L	0.49	
1940	11	18	21	47	135	25	33	56	60	6.3			1,500		89	40	296	50	N	D	L		
1941	7	15	23	41	138	14	36	43	00	6.1			200		49	90	139	90	Q	S	L		
1941	11	19	01	46	132	05	32	01	00	7.1			950		50	90	00	00	V	A	O		
1941	11	26	00	20	141	30	36	15	20	6.3		1,100									O		
1942	8	22	18	01	132	24	32	08	00	6.3	300	800	1,000	1,500								O	
1943	3	4	19	13	134	17	35	26	00	6.2	200	360	480	600	23	90	113	90	Q	S	O	0.81	
1943	4	11	23	46	141	27	36	21	10	6.7	800	1,400	2,000		11	30	279	89	R	A	O		
1943	6	13	14	12	143	21	41	15	20	7.1	2,000	4,000	4,800	4,800	140	90	230	80	V	A	O		
1943	7	1	13	39	140	10	36	02	50	6.3	250	380	600								L		
1943	8	12	13	50	139	55	37	19	00	6.2			280		57	90	147	90	Q	S	L		
1943	9	10	17	37	134	04	35	31	00	7.2	2,100	2,600	2,900	3,100	19	90	109	90	Q	S	L	1.11	
1943	10	13	14	43	138	05	36	46	00	5.9			330		83	90	173	90	Q	S	L		
1944	12	7	13	35	136	39	33	48	30	7.9	6,200	15,000	21,000		57	11	237	79	R	D	O	0.77	
1945	1	13	03	36	137	04	34	41	00	6.8	1,100	1,700	2,500	2,900	44	90	134	90	Q	S	L	0.85	
1945	2	10	13	58	142	04	41	00	20	7.1		2,600	2,600								O		
1945	3	12	06	37	142	02	37	34	10	6.6			1,700	1,700							O		
1946	12	21	04	19	135	37	33	02	20	8.0	16,000	29,000	33,000	46,000	50	79	230	11	N	D	O	0.74	
1947	5	9	23	05	130	58	33	24	0	5.5			200								L		
1947	11	04	09	09	141	01	43	49	00	6.9		1,000	1,000								O		
1948	5	09	11	09	131	56	31	30	00	6.5			1,800								O		
1948	6	15	20	44	135	30	33	40	20	6.7	480	480	530		32	60	212	30	N	D	L	0.95	
1948	6	28	16	13	136	09	36	11	00	7.1	600	950	1,200	1,500	10	90	100	90	Q	S	L	0.91	
1949	1	20	22	24	134	32	35	37	00	6.3			160		0	90	90	90	Q	S	L	0.58	
1949	12	26	08	25	139	47	36	35	00	6.4	350	500	630	950							L		
1952	3	4	10	23	144	08	41	48	00	8.2	8,900	12,000	17,000	28,000	70	90	160	10	V	D	O	0.86	

year	Occurrence time (JST)				long. (E)		lat. (N)		H	M	S <sub>1</sub>	S <sub>10</sub>	S <sub>100</sub>	S <sub>1000</sub>	plane A		plane B		FT	FM	L/O	b
	mon.	day	hour	min.	°	'	°	'							d-d	dip	d-d	dip				
1952	3	7	16	32	136	12	36	29	00	6.5	130	200	280	430	13	90	103	90	Q	S	O	1.16
1953	11	26	02	49	141	43	33	59	60	7.4	4,000	10,000	12,000	13,000	10	30	139	70	N	A	O	0.96
1955	7	27	10	20	134	19	33	44	10	6.4		110	160		54	90	144	90	Q	S	L	0.84
1956	8	13	01	59	138	56	33	53	50	6.3	550	930	930		39	89	308	59	N	S	O	
1956	9	30	06	20	140	08	35	40	60	6.3				480	90	30	270	60	R	D	O	
1957	11	11	04	20	139	18	34	14	00	6.0			650								O	
1958	4	8	03	05	143	25	38	20	00	6.7	730	1,300	1,700		41	15	221	75	R	D	O	
1958	11	07	07	58	148	30	44	18	80	8.1	2,900	7,400	7,400	22,000	42	59	291	59	R	S	O	0.83
1959	1	31	05	38	144	26	43	24	40	6.0	130	230	230		23	90	113	90	Q	S	L	
1960	3	21	02	07	143	26	39	50	00	7.2	1,900	5,100	7,600		46	84	315	80	N	S	O	0.95
1961	1	16	16	20	142	16	36	02	40	6.8	2,800	4,100	6,300		77	19	257	71	R	D	O	0.48
1961	5	7	21	14	134	25	35	06	40	5.9	80	80	130	300	66	90	156	90	Q	S	L	
1961	8	19	14	33	136	46	36	01	00	7.0	400	490	580	650	90	39	270	51	R	D	L	0.72
1962	4	12	09	05	142	49	37	58	40	6.8	1,100	1,600	2,100		66	19	246	71	R	D	O	
1962	4	30	11	26	141	08	38	44	00	6.5	150	230	280	330	59	41	285	59	R	D	O	1.08
1963	3	27	06	34	135	46	35	47	00	6.9	100	200	280	380	29	90	119	90	Q	S	O	1.05
1963	10	13	14	18	149	58	43	45	20	8.1	1,200	2,500	3,300	3,800	40	20	220	70	R	D	O	0.93
1964	5	7	16	58	139	00	40	20	00	6.9	200	350	600		59	40	239	50	R	D	O	
1964	6	16	13	01	139	11	38	21	40	7.5	1,200	2,600	2,900	3,000							O	0.82
1965	9	18	01	21	141	28	36	19	40	6.7			600	1,700	51	24	249	67	R	D	O	0.52
1968	1	29	19	19	147	00	43	11	30	6.9	2,200	3,600	3,600	3,600							O	1.27
1968	2	21	08	05	130	43	32	01	00	6.1	43										L	
1968	3	25	00	58	130	43	32	01	00	5.7	120	120									L	
1968	5	16	09	49	143	35	40	44	00	7.9	17,000	36,000	47,000	62,000	30	80	149	20	N	A	O	0.90
1968	8	18	16	12	135	23	35	13	00	5.6	60	70	70	90	44	89	313	59	R	S	L	
1968	8	12	06	28	147	37	42	42	30	7.8	12,000	15,000	17,000	20,000	53	11	233	79	R	D	O	1.05
1969	9	9	14	13	137	04	35	47	00	6.6	130	230	250	350	100	80	196	60	R	S	L	0.93
1970	7	26	07	41	132	02	32	04	10	6.7	500	1,000	1,000	1,700	53	9	233	81	R	D	O	

余震について 2・3 のこと 市川

Occurrence time (JST)					long. (E)		lat. (N)		<i>H</i>	<i>M</i>	<i>S</i> <sub>1</sub>	<i>S</i> <sub>10</sub>	<i>S</i> <sub>100</sub>	<i>S</i> <sub>1000</sub>	plane A		plane B		FT	FM	L/O	<i>b</i>
year	mon.	day	hour	min.	°	'	°	'	km		km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	d-d	dip	d-d	dip				
1970	10	16	14	26	140	45	39	12	00	6.2	60	60	60	100							O	
1971	9	15	23	55	143	52	39	05	50	6.7			1,800								O	
1972	2	29	18	33	141	16	33	12	70	7.1	1,600	4,000	4,000		41	45	221	45	R	D	O	1.05
1972	12	4	19	16	141	05	33	12	50	7.2	1,600	4,200	4,200		89	21	269	69	R	D	O	1.09
1973	6	17	12	55	145	57	42	58	40	7.4	4,600	11,000	13,000	18,000	56	30	236	60	R	D	O	0.91
1973	9	5	22	03	143	24	39	28	40	6.1	100	250	250		121	71	301	19	N	D	O	0.57
1974	5	9	08	33	138	48	34	30	10	6.9		30	180	320	56	70	319	72	N	S	L	
1974	10	10	15	48	143	18	40	55	20	6.2	50	50	130								O	
1975	1	23	13	40	131	08	33	02	00	5.5	30	75	100		50	80	152	40	N	A	L	0.51
1975	4	21	02	35	131	20	33	08	00	6.4	50	75	75	130	40	60	159	50	N	A	L	
1975	6	14	03	28	147	30	42	54	00	6.5	1,300	3,300	3,500		242	69	354	46	R	A	O	1.00
1976	1	21	19	06	149	11	43	44	00	6.5	1,800	3,200	3,200								O	1.15
1976	6	16	07	36	139	00	35	30	20	5.5		35	75	110	70	50	189	60	R	A	L	0.62
1977	5	2	01	33	132	42	35	09	10	5.3		12	18	100							L	
1977	10	5	00	39	139	52	36	08	60	5.4	45	80	130								L	0.64
1977	12	24	06	22	143	38	39	04	00	5.9	350	480	930								O	1.01
1978	1	14	12	24	139	15	34	46	00	7.0	300	400	530								O	0.86
1978	2	20	13	37	142	12	38	45	50	6.7	150	300	300								O	0.92
1978	3	25	04	48	149	49	44	20	40	7.3	2,700	2,700	3,800								O	1.33
1978	4	7	12	43	141	17	35	05	20	5.1	350	350	480								O	0.79
1978	5	16	16	35	141	28	40	57	10	5.7			150								O	0.77
1978	6	4	05	04	132	42	35	05	00	6.1	30	50	75								L	0.75
1978	6	12	17	14	142	10	38	09	40	7.0	1,900	2,700	6,700								O	0.65
1978	10	7	05	44	137	30	35	49	00	5.3	25	40	100								L	1.20
1978	12	6	23	02	146	58	44	44	100	7.7	700	1,500									O	

余震域予測に使えるようである。

5) 余震活動の $b$ 値の平均は0.85であるが、内陸の地震のそれは平均値より小さいものが多く、海の地震の場合は平均値あるいはそれ以上のものが卓越している。これは地震検知力の差異から予想されるものと逆の現象である。

#### 参 考 文 献

- Ichikawa, M. (1971) : Reanalyses of Mechanism of Earthquakes which Occurred in and near Japan, 1926 ~ 1968, *Geophys. Mag.*, **35**, 207 - 274.
- Ichikawa, M. (1980) : Some Problems in the Focal Mechanisms in and near Japan, *Geophys. Mag.*, **39**, 1 - 22.
- 市川政治 (1982) : 気象庁における地震定常調査業務の変遷, *験震時報*, **46**, 39 - 46.
- 気象庁 (1958) : 日本付近の主要地震の表 (1926 ~ 1956), *地震月報*, 別冊1.
- 気象庁 (1966) : 日本付近の主要地震の表 (1957 ~ 1962), *地震月報*, 別冊2.
- 気象庁 (1968) : 日本付近の主要地震の表 (1963 ~ 1967), *地震月報*, 別冊3.
- 気象庁 (1982) : 改訂日本付近の主要地震の表 (1926 ~ 1960), *地震月報*, 別冊6.
- 宇津徳治・関彰 (1955) : 余震区域の面積と本震のエネルギーとの関係, *地震*, **2**, **7**, 233 - 240.
- Utsu, T. (1961) : A Statistical Study on the Occurrence of Aftershocks, *Geophys. Mag.*, **30**, 521 - 605.
- Utsu, T. (1969) : Aftershocks and Earthquake Statistics (1), *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. VI (Geophysics)*, **3**, 129 - 195.
- Yamakawa, N. (1966) : Foreshocks, Aftershocks and Earthquake Swarms, *Pap. Met. Geophys.*, **27**, 157 - 189.
- Yamakawa, N. (1972) : Aftershocks and Focal Mechanism of Main Shocks, *Geophys. Mag.*, **36**, 15 - 30.